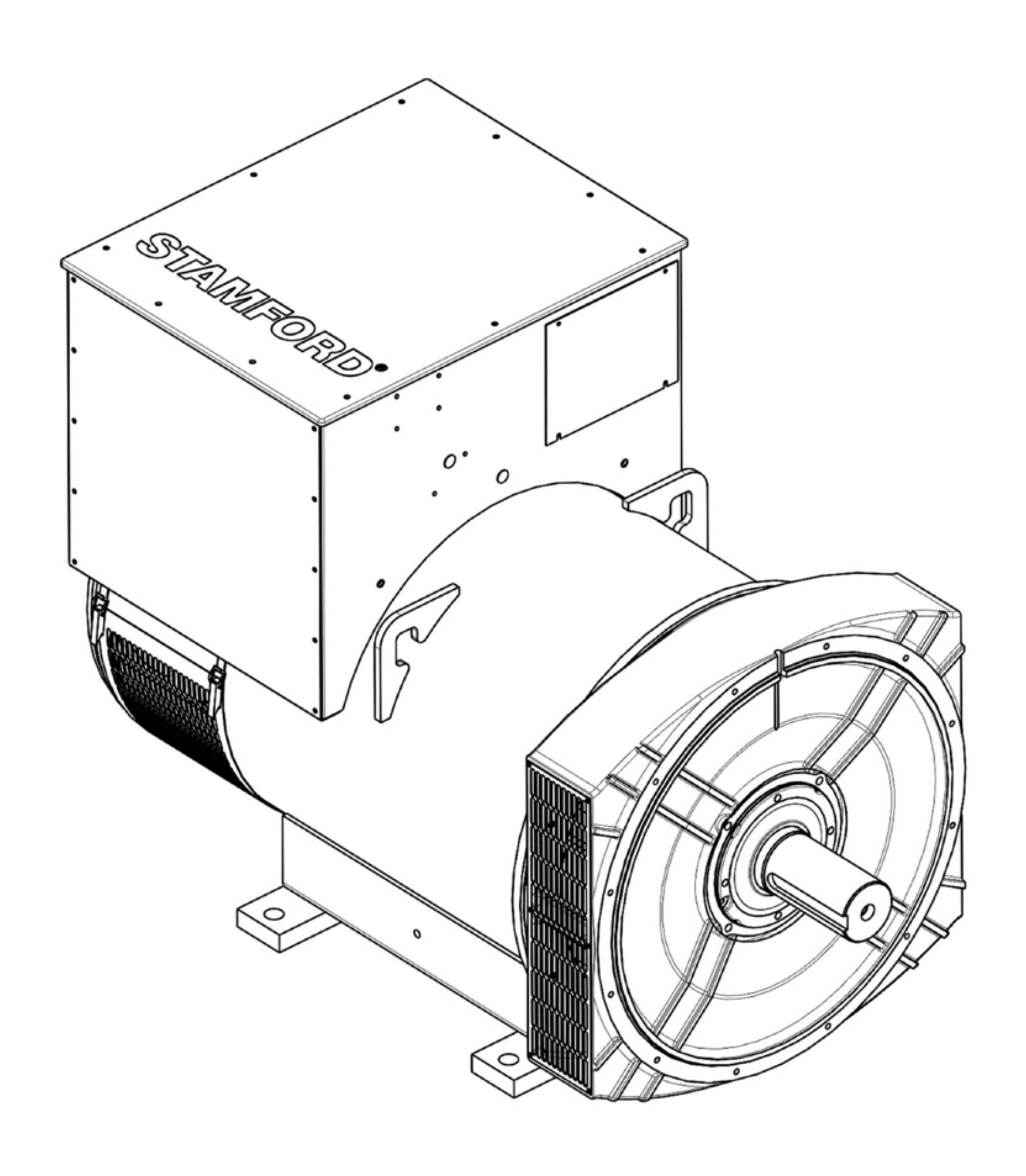
STAMFORD®

HC-Wechselstromgeneratoren

INSTALLATIONS-, SERVICE- UND WARTUNGSANLEITUNG



German
Translation of the Original Instructions

A041C250 (Ausgabe 5)

Inhaltsverzeichnis

Leerseite

1 Vorwort

1.1 Über dieses Handbuch

Dieses Handbuch enthält Hinweise und Anleitungen für die Aufstellung, Wartung und Instandhaltung des Generators.

Vor Inbetriebsetzung des Generators sollten Sie dieses Handbuch aufmerksam gelesen haben. Stellen Sie sicher, dass alle mit der Arbeit an der Anlage beauftragten Personen jederzeit auf dieses Handbuch und die mitgelieferte Zusatzdokumentation zugreifen können. Bei nicht bestimmungsgemäßem Gebrauch der Anlage und Nichtbeachtung der Bedienhinweise sowie bei Verwendung von unzulässigen Ersatzteilen können Sie den Anspruch auf Gewährleistung für das Produkt verlieren, und es besteht möglicherweise Unfallgefahr.

Dieses Handbuch ist wesentlicher Bestandteil des Generators. Stellen Sie sicher, dass dieses Handbuch den Anwendern über die gesamte Lebensdauer des Generators hinweg zur Verfügung steht

Dieses Handbuch wendet sich an Fachleute mit einer abgeschlossenen elektrischen bzw. mechanischen Ausbildung, die bereits über entsprechende Vorkenntnisse und die notwendige Erfahrung mit Generatorausrüstungen dieser Art verfügen. Im Zweifelsfall sollten Sie jedoch einen Experten konsultieren, oder wenden Sie sich an die für Sie zuständige Niederlassung von Cummins Generator Technologies.

HINWEIS
Die Informationen in diesem Handbuch waren zum Zeitpunkt der Veröffentlichung korrekt. Durch unsere kontinuierliche Verbesserungspolitik kann es jedoch zu Abweichungen kommen. Den neuesten Dokumentationsstand finden Sie unter www.cumminsgeneratortechnologies.com .

Leerseite

2 Sicherheitsmaßnahmen

2.1 Sicherheitshinweise und verwendete Symbole

In diesem Handbuch werden die Begriffe "Gefahr", "Achtung" und "Vorsicht" verwendet, um auf Gefahrenquellen und mögliche Folgen hinzuweisen bzw. Hinweise zur Vermeidung von Verletzungen zu geben. Mit dem Begriff "Hinweis" werden wichtige oder kritische Anweisungen gekennzeichnet.

⚠ GEFAHR
"Gefahr" bezeichnet eine Gefahrensituation, die bei Nichtvermeidung zum Tod oder schweren Personenschäden FÜHRT.

⚠ ACHTUNG
"Achtung" bezeichnet eine Gefahrensituation, die bei Nichtvermeidung zum Tod oder schweren Personenschäden führen KANN.

⚠ VORSICHT
"Vorsicht" bezeichnet eine Gefahrensituation, die bei Nichtvermeidung zu leichten oder mittelschweren Personenschäden führen KANN.

HINWEIS
"Hinweis" bezeichnet Verfahrens- oder Vorgehensweisen, die Sachschäden zur Folge haben können, oder wird verwendet, um die Aufmerksamkeit auf zusätzliche Informationen und Erläuterungen zu lenken.

2.2 Allgemeine Hinweise

HINWEIS
Diese Sicherheitshinweise stellen allgemeingültige Leitlinien dar und ergänzen die geltenden rechtlichen Bestimmungen und Vorschriften sowie die eigenen Sicherheitsmaßgaben.

2.3 Anforderungen an die Mitarbeiter

Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten dürfen nur von ausgebildeten Fachleuten durchgeführt werden, die über die entsprechende Erfahrung verfügen und mit den Abläufen und der Ausrüstung vertraut sind.

2.4 Risikobewertung

Cummins hat für dieses Produkt eine Risikobewertung durchgeführt. Um alle Risiken für das Personal einschätzen zu können, muss jedoch eine eigene Risikobewertung beim Benutzer bzw. beim Betreiberunternehmen durchgeführt werden. Alle betroffenen Anwender sind über die ermittelten Gefahren zu belehren. Während des Betriebs ist der Zugang zum Aggregat/Generatorsatz auf Personen zu beschränken, die entsprechend eingewiesen wurden.

2.5 Persönliche Schutzausrüstung (PSA)

Alle Personen, die mit der Bedienung, Wartung und Instandhaltung der Anlage betraut sind oder Arbeiten in der Nähe des Generatorsatzes durchführen, müssen eine geeignete persönliche Schutzausrüstung (PSA) tragen.

Empfohlene PSA:

- Schutzbrille und Gehörschutz
- Kopf- und Gesichtsschutz
- Sicherheitsschuhe
- Arbeitsanzüge zum Schutz von Unterarmen und Beinen

Stellen Sie sicher, dass alle Personen über die Erste-Hilfe-Maßnahmen im Notfall unterrichtet sind.

2.6 Geräuschemission

⚠ ACHTUNG
Geräuschemission **Geräuschemissionen eines laufenden Generators können das Gehör ernsthaft und bleibend schädigen.** **Tragen Sie eine geeignete Persönliche Schutzausrüstung (PSA), um Verletzungen vorzubeugen.**

Der A-bewertete maximale Schalldruckpegel kann 109 dB(A) erreichen. Für anwendungsspezifische Einzelheiten wenden Sie sich bitte an Ihren Händler.

Bei nicht sachgemäßer Bedienung können von der elektrischen Ausrüstung Gefahren ausgehen. Alle Installations-, Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten am Generator sind stets entsprechend diesem Handbuch durchzuführen. Arbeiten an elektrischen Leitungen sind nach den örtlich bzw. landesspezifisch für die entsprechende Spannung geltenden elektrischen Sicherheitsbestimmungen sowie den am Standort geltenden Sicherheitsvorschriften durchzuführen. Verwenden Sie ausschließlich Originalersatzteile.

2.8 Sicherheitsverriegelungen/Kennzeichnung

Entfernen Sie nicht den an einem der Anschlagpunkte angebrachten Aufkleber für das Heben des Generators.

2.10 Generator-Arbeitsbereiche

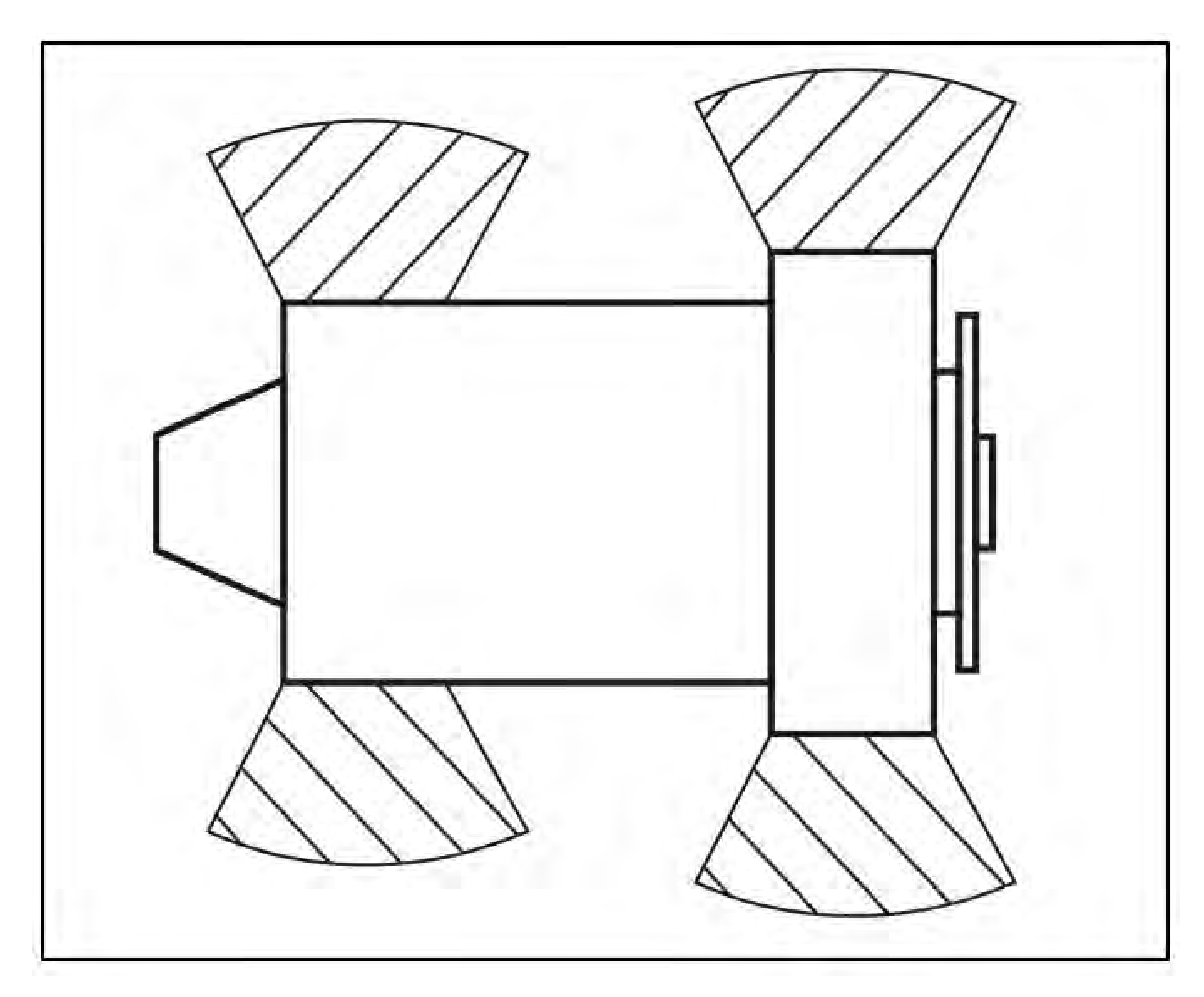
⚠ **ACHTUNG**

Herausgeschleuderte Generatorteile

Bei einem Totalausfall herausgeschleuderte Generatorteile können zu schweren Verletzungen oder Tod durch Stoß, Abschneiden oder Durchstich führen.

Zur Vermeidung von Verletzungen Folgendes beachten:

- **Halten Sie sich bei laufendem Generator vom Luftein- bzw. -auslass fern.**
- **Bringen Sie keine Bedienelemente in der Nähe des Luftein- bzw. -auslasses an.**
- **Vermeiden Sie eine Überhitzung des Generators, indem Sie ihn nicht außerhalb der auf dem Typenschild angegebenen Betriebsgrenzen betreiben.**
- **Generator nicht überlasten.**
- **Generator nicht bei übermäßigen Vibrationen betreiben.**
- **Parallel betriebene Generatoren nicht über die zulässigen Betriebsgrenzen hinaus synchronisieren.**



.Bei Arbeiten in den schraffiert dargestellten Bereichen oder direkt an Lufteinlässen bzw. -auslässen in der Anlage stets die entsprechende PSA tragen.

Stellen Sie sicher, dass dieser Punkt bei Ihrer Risikobewertung Beachtung findet.

Der Hersteller des Stromaggregats ist für die Anbringung der mit dem Generator gelieferten selbstklebenden Gefahrenschilder verantwortlich.

Tauschen Sie fehlende, beschädigte oder überstrichene Aufkleber aus.

LABEL 'A'

REFER TO SERVICE MANUAL
BEFORE REMOVING COVERS

ABNEHMEN DER ABDECKUNGEN NUR
GEMAESS HANDBUCH ANWEISUNG

LEGGERE IL MANUALE DI ASSISTENZA
PREMA DI RIMUOVERE I COPERCHI

CONSULTAR MANUAL ANTES
DE RETIRAR TAPAS

VOIR MANUEL DE SERVICE AVANT
D'ENLEVER LES COUVERCLES

راجع كتيب الصيانة قبل نزع الأغطية

请查阅使用维护手册后再取下盖子

LABEL 'B'

LABEL 'C'

3 Sicherheitsrichtlinien und Normen

STAMFORD Wechselstromgeneratoren entsprechenden den europäischen Sicherheitsrichtlinien sowie den nationalen und internationalen Normvorschriften für Generatoren. Der Wechselstromgenerator darf nur norm- und bestimmungsgemäß innerhalb der auf dem Typenschild angegebenen Grenzwerte betrieben werden.

Schiffsaggregate entsprechen den Anforderungen der wichtigsten Klassifikationsgesellschaften.

-

3.1 Niederspannungsrichtlinie: Konformitätserklärung

TABELLE 1. NIEDERSPANNUNGSRICHTLINIE: KONFORMITÄTSERKLÄRUNG

2006/95/EC LOW VOLTAGE DIRECTIVE
DECLARATION OF CONFORMITY



Dieser Synchronwechselstromgenerator ist für den Einbau in ein Stromerzeugungsaggregat bestimmt und erfüllt alle relevanten Bestimmungen der folgenden EG-Richtlinie(n), wenn der Einbau gemäß den Einbauanleitungen in der Produktdokumentation erfolgt:

2006/95/EG	**Niederspannungsrichtlinie**
2004/108/EG	**Richtlinie Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)**

und unter der Voraussetzung, dass die nachstehenden Normen und/oder technischen Vorschriften zur Anwendung gebracht wurden:

EN 61000-6-2:2005	**Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV). Fachgrundnormen – Teil 6-2: Störfestigkeit für Industriebereiche**
EN 61000-6-4:2007+A1:2011	**Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV). Fachgrundnormen – Teil 6-4: Fachgrundnorm Störaussendung Industriebereich**
EN ISO 12100:2010	**Sicherheit von Maschinen – Allgemeine Gestaltungsleitsätze – Risikobeurteilung und Risikominderung**
EN 60034-1:2010	**Drehende elektrische Maschinen – Teil 1: Bemessung und Betriebsverhalten**
BS ISO 8528-3:2005	**Wechsel-Stromerzeugungsaggregate mit Antrieb durch Hubkolben-Verbrennungsmotoren – Teil 3: Wechselstrom-Generatoren für Stromerzeugungsaggregate**
BS 5000-3:2006	**Rotating electrical machines of particular types or of particular applications – Part 3: Generators to be driven by reciprocating internal combustion engines - Requirements for resistance to vibration (Drehende elektrische Maschinen spezifischer Art oder Anwendung – Teil 3: Generatoren mit Antrieb durch Hubkolben-Verbrennungsmotoren – Anforderungen an die Vibrationsfestigkeit)**

Name und Anschrift der Person, die bevollmächtigt ist, die relevanten technischen Unterlagen zusammenzustellen: Company Secretary, Cummins Generator Technologies Limited, 49/51 Gresham Road, Staines, Middlesex, TW18 2BD, U.K.

Datum: 1. Februar 2014 **Unterschrift:**	**Name, Anrede und Anschrift:** **Kevan J Simon** **Global Technical and Quality Director** **Cummins Generator Technologies** **Fountain Court** **Lynch Wood** **Peterborough, UK** **PE2 6FZ**

Beschreibung	Seriennummer

Eingetragen in England unter der Registernummer 441273.

Cummins Generator Technologies Ltd. Eingetragener Sitz: Barnack Road, Stamford, Lincolnshire PE9 2NB, England.

ZEICHNUNGSNUMMER 450-16383-D

3.2 Maschinenrichtlinie: Einbauerklärung

TABELLE 2. MASCHINENRICHTLINIE: EINBAUERKLÄRUNG - BLATT 1

2006/42/EC MACHINERY DIRECTIVE

DECLARATION OF INCORPORATION OF PARTLY COMPLETED MACHINERY



Funktion: Synchronwechselstromgenerator für den Einbau in ein Stromerzeugungsaggregat.

Die unvollständige Maschine wird mit dieser Erklärung geliefert:

- **Ist ausschließlich als nicht-funktionale Komponente zum Einbau in eine zu vervollständigende Maschine ausgelegt und gebaut.**
- **Ist in Übereinstimmung mit den Bestimmungen der folgenden EU-Richtlinien ausgelegt, insoweit es ihre Ausbaustufe zulässt:**
  2004/108/EG Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV-Richtlinie)
  2006/95/EG (Niederspannungsrichtlinie)
- **Darf innerhalb der Europäischen Gemeinschaft ("EG") erst dann in Betrieb genommen werden, wenn festgestellt wurde, dass die Maschine, in die die unvollständige Maschine eingebaut werden soll, den Bestimmungen der Maschinenrichtlnie und allen anderen anwendbaren EG-Richtlinien entspricht.**
- **Ist so ausgelegt und gebaut, dass sie den in Blatt 2 dieser Erklärung aufgeführten grundlegenden Sicherheits- und Gesundheitsschutzanforderungen der Maschinenrichtlinie 2006/42/EG entspricht.**

Die speziellen technischen Unterlagen wurden gemäß Anhang VII Teil B der Maschinenrichtlinie erstellt. Alle speziellen Unterlagen zu der unvollständigen Maschine werden auf begründetes Verlangen der zuständigen einzelstaatlichen Stelle deren bevollmächtigtem Vertreter schriftlich übermittelt. Name und Anschrift der Person, die bevollmächtigt ist, die relevanten technischen Unterlagen zusammenzustellen: Company Secretary, Cummins Generator Technologies Limited, 49/51 Gresham Road, Staines, Middlesex, TW18 2BD, U.K.

Unterschrift im Namen des Herstellers:

Datum: 1. Februar 2014 **Unterschrift:**	**Name, Title and Address:** **Kevan J Simon** **Global Technical and Quality Director** **Cummins Generator Technologies** **Fountain Court** **Lynch Wood** **Peterborough, UK** **PE2 6FZ**

Beschreibung	Seriennummer

Eingetragen in England unter der Registernummer 441273.

Cummins Generator Technologies Ltd. Eingetragener Sitz: Barnack Road, Stamford, Lincolnshire PE9 2NB, England.

ZEICHNUNGSNUMMER 450-16388-D

-

TABELLE 3. MASCHINENRICHTLINIE: EINBAUERKLÄRUNG - BLATT 2

2006/42/EC MACHINERY DIRECTIVE

DECLARATION OF INCORPORATION OF PARTLY COMPLETED MACHINERY



GRUNDLEGENDE SICHERHEITS- UND GESUNDHEITSSCHUTZANFORDERUNGEN FÜR KONSTRUKTION UND BAU VON UNVOLLSTÄNDIGEN MASCHINEN

1.1 Allgemeines

- **1.1.2 : Grundsätze für die Integration der Sicherheit**
- **1.1.3 : Materialien und Produkte**
- **1.1.5 : Konstruktion der Maschine im Hinblick auf die Handhabung**

1.3 Schutzmaßnahmen gegen mechanische Gefährdungen

- **1.3.1 : Risiko des Verlusts der Standsicherheit**
- **1.3.2 : Bruchrisiko beim Betrieb**
- **1.3.3 : Risiken durch herabfallende oder herausgeschleuderte Gegenstände**
- **1.3.4 : Risiken durch Oberflächen, Kanten und Ecken**
- **1.3.7 : Risiken durch bewegliche Teile**
- **1.3.8.1 : Bewegliche Teile der Kraftübertragung**

1.4 Schutzeinrichtungen *

- **1.4.1 : Schutzeinrichtungen – Allgemeine Anforderungen**
- **1.4.2.1 : Feststehende trennende Schutzeinrichtungen ***

1.5 Sonstige Gefährdungen

- **1.5.2 : Statische Elektrizität**
- **1.5.3 : Nichtelektrische Energieversorgung**
- **1.5.4 : Montagefehler**
- **1.5.6 : Brand**
- **1.5.13 : Emission gefährlicher Werkstoffe und Substanzen**

1.7 Informationen

- **1.7.1 : Informationen und Warnhinweise an der Maschine**
- **1.7.4 : Betriebsanleitung**

LEGENDE

1. **Nichterwähnte grundlegende Sicherheits- und Gesundheitsschutzanforderungen gelten als für diese unvollständige Maschine nicht maßgeblich oder sind vom Montagebetrieb der Maschine zu erfüllen.**
2. **Erwähnte grundlegende Sicherheits- und Gesundheitsschutzanforderungen gelten als für diese unvollständige Maschine maßgeblich und wurden vom Hersteller mit Rücksicht auf die baulichen Anforderungen des Maschinenmontagebetriebs, die in der Montageanleitung enthaltenen Informationen und Cummins-Bulletins soweit möglich erfüllt.**
3. *** Unvollständige Maschinen können auf Kundenwunsch mit teilweise oder vollständig abgebauten Schutzeinrichtungen ausgeführt werden. In diesem Fall findet Abschnitt 1.4 keine Anwendung, und die grundlegenden Sicherheits- und Gesundheitsschutzanforderungen sind durch den Monteur der Maschine zu erfüllen.**

Eingetragen in England unter der Registernummer 441273.

Cummins Generator Technologies Ltd. Eingetragener Sitz: Barnack Road, Stamford, Lincolnshire PE9 2NB, England.

ZEICHNUNGSNUMMER 450-16388-D

3.3 Zusätzliche Angaben zur EMV-Verträglichkeit

Alle STAMFORD-Wechselstromgeneratoren sind so ausgelegt, dass sie die Normen für EMV-Emissionen und Störfestigkeit in Industriebereichen einhalten. Bei Einbau des Wechselstromgenerators im Wohn-, Gewerbe- und Leichtindustrie-Bereich kann zusätzliche Ausrüstung erforderlich sein.

Der Generatorträger ist am Aufstellungsort nach den Erdungsvorschriften mit einem entsprechenden Erdungsschutzleiter mit vorgeschriebener Mindestleiterlänge anzuschließen

Einbau, Wartung und Instandhaltung dürfen ausschließlich durch entsprechend ausgebildete Personen erfolgen, denen die Anforderungen der einschlägigen EU-Richtlinien bekannt und bewusst sind

HINWEIS
Cummins Generator Technologies is not liable for EMC compliance if unauthorized parts, not of STAMFORD brand, are used for maintenance and servicing.

3.4 Zusätzliche Angaben zur CSA-Konformität

Um konform zu den Vorschriften der CSA (Canadian Standards Association) zu sein, müssen alle externen Verdrahtungen und Komponenten auf die auf dem Typenschildaufkleber angegebene Nennspannung des Wechselstromgenerators ausgelegt sein.

Leerseite

4 Einleitung

4.1 Allgemeine Beschreibung

Bei den Generatoren der Baureihe HC handelt es sich um bürstenlose Drehfeldgeneratoren, lieferbar bis 690 V, 50 Hz (1.000 min-1, 6-polig bzw. 1.500 min-1, 4-polig) oder 60 Hz (1.200 min-1, 6-polig bzw. 1.800 min-1, 4-polig), die dem Britischen Standard BS 5000, Teil 3 und anderen internationalen Normen entsprechen.

Die Generatoren der Baureihe HC sind selbsterregte Generatoren, bei denen die Erregungsspannung über Hauptausgangswicklungen abgezapft wird, oder separat erregte Generatoren, wobei ein PMG (Permanent Magnet Generator) die Erregerspannung bereitstellt.

4.2 Name des Wechselstromgenerators

TABELLE 4. NAMENSFORMAT DES HC-WECHSELSTROMGENERATORS

Beispiel:	HC	5	-	HC	I	5	3	4	C	2
	Wechselstromgenerator-Modell (HC4, HC5, HC6)			Wechselstromgenerator-Typ (HC = Standard, HCK = Sondermodell, nicht HC6)	Anwendung (I = Industrie, M = Marine)	Rahmengröße (4, 5, 6)	Erregung (3 = mit PMG, 4 = ohne PMG)	Polzahl	Kernlänge (A, B, C usw.)	Anzahl der Lager (1 = NDE, 2 = DE & NDE)

4.3 Seriennummer

Am oberen Abschnitt des Rahmens ist eine eindeutige Seriennummer eingeprägt.

4.4 Typenschild

⚠ ACHTUNG

Herausgeschleuderte Generatorteile

Bei einem Totalausfall herausgeschleuderte Generatorteile können zu schweren Verletzungen oder Tod durch Stoß, Abschneiden oder Durchstich führen.

Zur Vermeidung von Verletzungen Folgendes beachten:

- **Halten Sie sich bei laufendem Generator vom Luftein- bzw. -auslass fern.**
- **Bringen Sie keine Bedienelemente in der Nähe des Luftein- bzw. -auslasses an.**
- **Vermeiden Sie eine Überhitzung des Generators, indem Sie ihn nicht außerhalb der auf dem Typenschild angegebenen Betriebsgrenzen betreiben.**
- **Generator nicht überlasten.**
- **Generator nicht bei übermäßigen Vibrationen betreiben.**
- **Parallel betriebene Generatoren nicht über die zulässigen Betriebsgrenzen hinaus synchronisieren.**

Der mit dem Wechselstromgenerator mitgelieferte Typenschildaufkleber muss nach Abschluss von Montage und Lackierung angebracht werden.

STAMFORD®

SERIAL NUMBER		DUTY	
FRAME / CORE		EXCITATION VOLTAGE	
BASE/(PEAK) RATING kVA		EXCITATION CURRENT	
BASE/(PEAK) RATING kW		INSULATION CLASS	
AMPERES BR		AMBIENT TEMPERATURE	
(TL)		TEMPERATURE RISE	
FREQUENCY		THERMAL CLASSIFICATION	
RPM		ENCLOSURE	
VOLTAGE		STATOR WINDING	
PHASE		STATOR CONNECTION	
PF			
(BASE CONTINUOUS RATING kVA BR @ 125/40C)			

BS 5000, Part 3 IEC 60034-1 ISO 8528-3

ABBILDUNG 1. ALLGEMEINES TYPENSCHILD FÜR STAMFORD-WECHSELSTROMGENERATOREN

4.5 Nachweis der Produktechtheit

STAMFORD-Produkte besitzen einen Echtheitsschutz in Form eines fälschungssicheren Hologramms auf dem Kontrollaufkleber. Prüfen Sie, ob beim Betrachten des Hologramms aus verschiedenen Blickwinkeln die Punkte um das STAMFORD-Logo herum sichtbar sind und hinter dem Logo das Wort "GENUINE" erscheint. Verwenden Sie bei schlechter Beleuchtung eine Taschenlampe, um das Echtheitshologramm zu prüfen. Prüfen Sie, ob es sich um einen Original-Wechselstromgenerator handelt, indem Sie den 7-stelligen Zeichencode des Hologramms unter **www.stamford-avk.com/verify**eingeben.

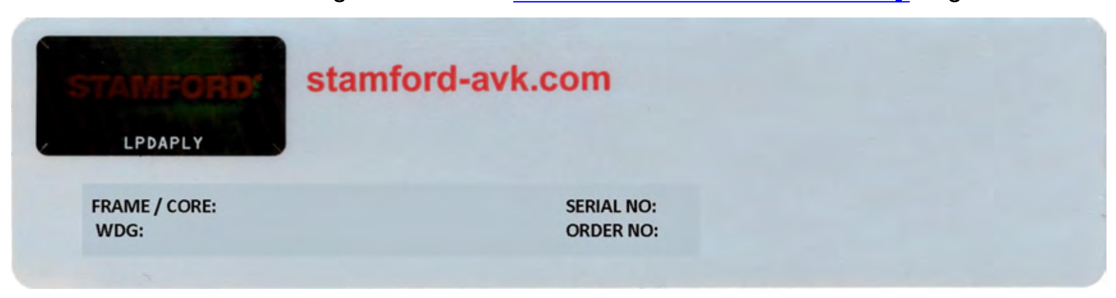


ABBILDUNG 2. KONTROLLAUFKLEBER



ABBILDUNG 3. BEI DRAUFSICHT AUF DAS 3D-HOLOGRAMM LINKS, RECHTS, OBEN UND UNTEN SICHTBARE PUNKTE

Leerseite

5 Automatische Spannungsregler (AVR)

Cummins Generator Technologies bietet eine breite Auswahl an automatischen Spannungsreglern (AVR - Automatic Voltage Regulator), die speziell für die bürstenlosen STAMFORD-Wechselstromgeneratoren konzipiert sind und eine maximale Generatorleistung gewährleisten. Es sind sowohl selbst- als auch separate erregte Regler erhältlich, als kostengünstige Analogausführung oder für anspruchsvolle, digitale Regelaufgaben. Alle automatischen Spannungsregler (AVR) von STAMFORD sind durch ihr Gehäuse gegen Umwelteinflüsse geschützt. Für zusätzlichen mechanischen Schutz gegen Motorschwingungen sind die Spannungsregler schwingungsfrei montiert.

Alle STAMFORD-AVRs besitzen folgende Merkmale:

- Schnittstelle für einen optionalen Handeinstellpotentiometer zur Feinregelung der Wechselstromgeneratorspannung
- Schutzschaltung gegen Unterspannungsabfall (UFRO - Under-Frequency Roll-Off) zur Verringerung der Ausgangsspannung des Wechselstromgenerators bei Drehzahlabfall unter einen bestimmten Grenzwert und
- Schnittstellen für Hilfsbetriebe für den Parallelbetrieb mit anderen Wechselstromgeneratoren oder am Netz.

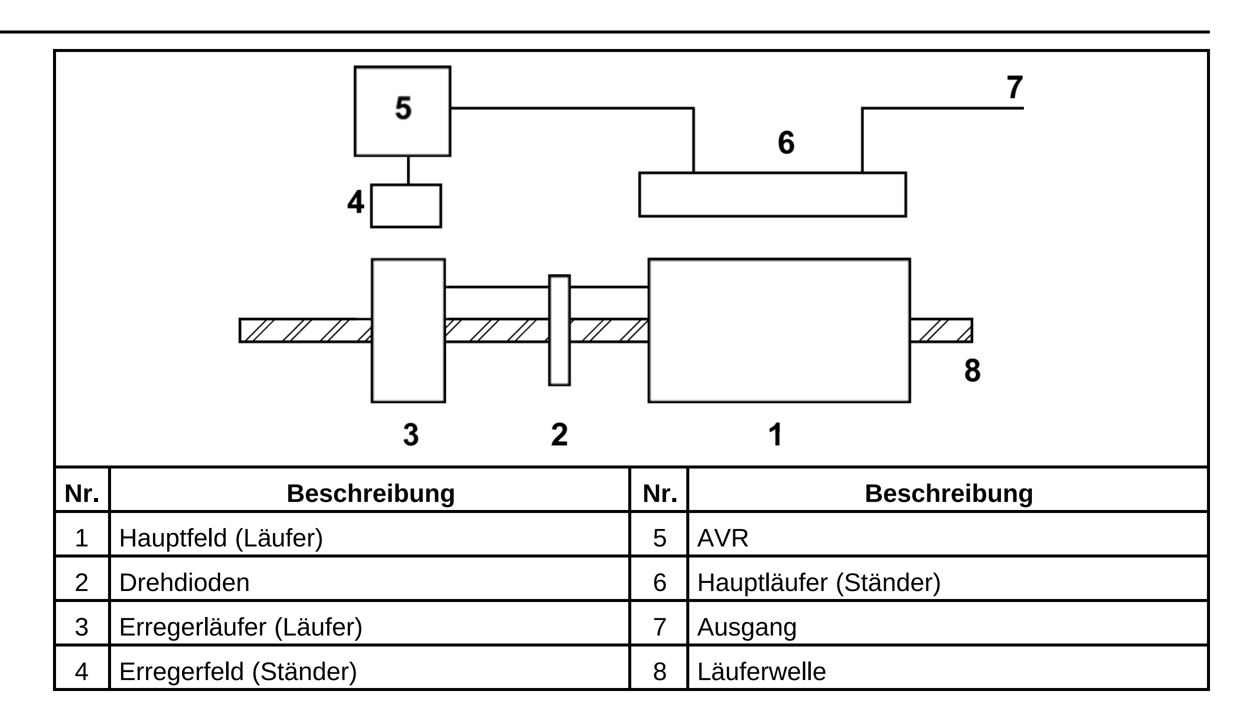
Die technischen AVR-Daten sowie Installations- und Einstellinformationen finden Sie im AVR-Handbuch (mit dem Wechselstromgenerator mitgeliefert) oder unter **www.cumminsgeneratortechnologies.com**

HINWEIS
AVR-Analogeingänge müssen vollständig potenzialfrei (galvanisch von der Masse getrennt) sein, mit einer Isolationsstärke von 500 VAC.

5.1 Selbsterregte Generatoren mit automatischem Spannungsregler AVR

5.1.1 AVR-gespeister Hauptstator

Der AVR bildet einen geschlossenen Regelkreis. Hierzu misst der Regler die Wechselstromgenerator-Ausgangsspannung an den Hauptständerwicklungen und passt die Erregerständer-Feldstärke an. Die von den Drehdioden gleichgerichtete, in den Erregerständer induzierte Spannung magnetisiert den das drehende Hauptfeld, das wiederum eine Spannung in die Wicklungen des Hauptstators induziert. Selbsterregte AVR erhalten ihre Spannung direkt von den Generatorausgangsklemmen.



Nr.	Beschreibung	Nr.	Beschreibung
1	Hauptfeld (Läufer)	5	AVR
2	Drehdioden	6	Hauptläufer (Ständer)
3	Erregerläufer (Läufer)	7	Ausgang
4	Erregerfeld (Ständer)	8	Läuferwelle

5.1.2 Selbsterregt

Selbsterregte AVR erhalten ihre Spannung direkt von den Generatorausgangsklemmen. Der AVR regelt die Generatorausgangsspannung durch automatische Anpassung der Feldstärke des Erregerstators.

5.1.2.1 AS440

Der AS440 besitzt eine Regelgenauigkeit von ±1,0%. Kompakte Bauform dank Oberflächenmontage, kundenspezifischen Formteilen und maßgefertigtem Kühlkörper.

Der AVR umfasst folgende Zusatzfunktionen:

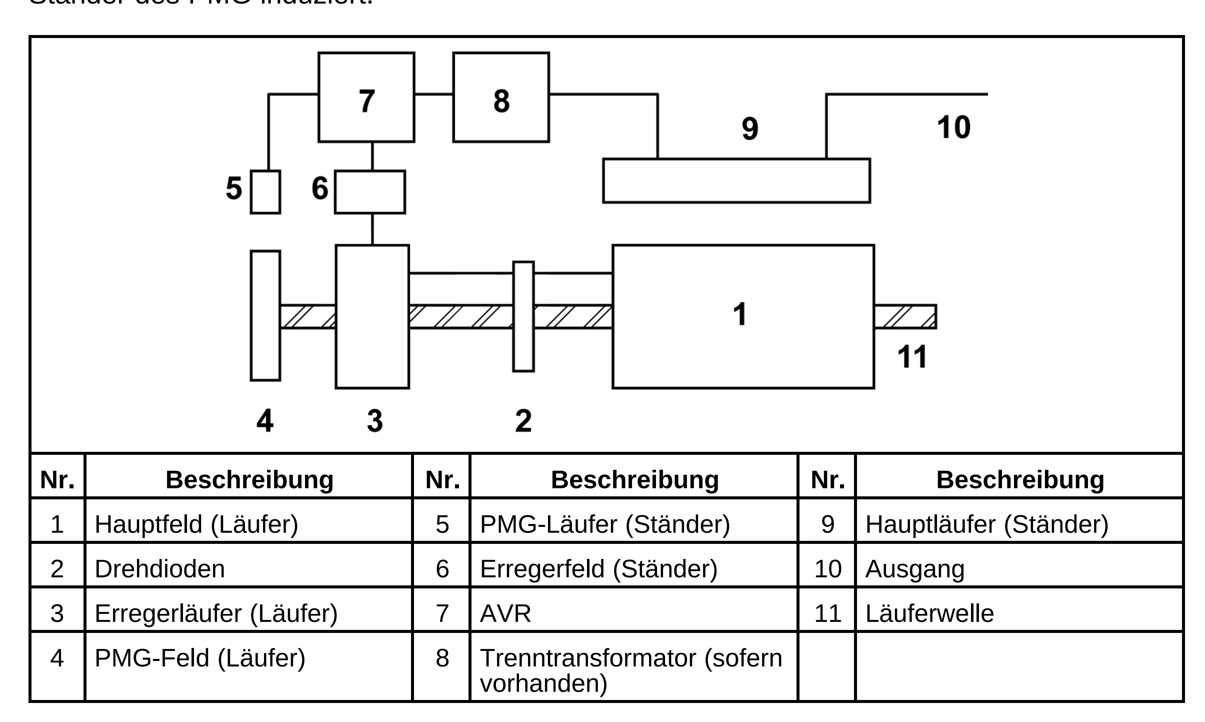
- Anschlüsse für die Erregungsleistung von einer Hilfswicklung zur Unterstützung veralteter Generatoren
- Analogsignal-Schnittstelle, beispielsweise zu einem optionalen Leistungsfaktorregler und
- optional wählbare Niederspannungsbrücke für den Betrieb mit 110Vac.

5.2 Separat erregte Wechselstromgeneratoren mit automatischem Spannungsregler AVR

5.2.1 Dauermagnetgeneratoren (PMG) mit automatischem Spannungsregler (AVR)

⚠ ACHTUNG
Starkes Magnetfeld
Das von Dauermagnetgeneratoren (PMG) erzeugte, starke Magnetfeld kann zu schweren Verletzungen oder Tod durch Störung implantierter medizinischer Geräte führen.
Begeben Sie sich zum Schutz vor Verletzungen nicht in die Nähe von Dauermagnetgeneratoren, wenn Sie ein implantiertes medizinisches Gerät tragen.

Der AVR bildet einen geschlossenen Regelkreis. Hierzu misst der Regler die Wechselstromgenerator-Ausgangsspannung an den Hauptständerwicklungen und passt die Erregerständer-Feldstärke an. Die von den Drehdioden gleichgerichtete, in den Erregerständer induzierte Spannung magnetisiert den das drehende Hauptfeld, das wiederum eine Spannung in die Wicklungen des Hauptstators induziert. Ein separat erregter AVR wird unabhängig von einem separaten Dauermagnetgenerator (PMG) auf der Hauptgeneratorwelle gespeist. Spannung wird durch einen Dauermagnetläufer in den Ständer des PMG induziert.



Nr.	Beschreibung	Nr.	Beschreibung	Nr.	Beschreibung
1	Hauptfeld (Läufer)	5	PMG-Läufer (Ständer)	9	Hauptläufer (Ständer)
2	Drehdioden	6	Erregerfeld (Ständer)	10	Ausgang
3	Erregerläufer (Läufer)	7	AVR	11	Läuferwelle
4	PMG-Feld (Läufer)	8	Trenntransformator (sofern vorhanden)		

5.2.2 Separate Erregung

Ein separat erregter AVR wird von einem separaten Dauermagnetgenerator (PMG) auf der Hauptgeneratorwelle gespeist. Der AVR regelt die Generatorausgangsspannung durch automatische Anpassung der Feldstärke des Erregerstators. Bei Anschaltung plötzlicher Lasten an den Generator bleibt die volle AVR-Erregungsfähigkeit erhalten, wodurch sich das Motoranlaufverhalten sowie die Kurzschluss- und die EMV-Festigkeit verbessern

5.2.2.1 MX341

Der MX341 bietet eine Regelgenauigkeit von ±1,0% und einen Schutz gegen Dauerübererregung.

Der AVR umfasst folgende Zusatzfunktionen:

- Analogsignal-Schnittstelle, beispielsweise zu einem optionalen Leistungsfaktorregler
- drehzahlabhängig regelbare Spannungsreduzierung als Unterspannungsschutz (UFRO)
- Softstart-Regelung der Wechselstromgenerator-Ausgangsspannung beim Anlassen.

5.2.2.2 MX321

Der MX321 bietet eine Regelgenauigkeit von ±0,5 % und einen Schutz gegen Dauerübererregung.

Der AVR umfasst folgende Zusatzfunktionen:

- Analogsignal-Schnittstelle, beispielsweise zu einem optionalen Leistungsfaktorregler

- drehzahlabhängig regelbare Spannungsreduzierung als Unterspannungsschutz (UFRO)
- Softstart-Regelung der Wechselstromgenerator-Ausgangsspannung beim Anlassen
- Effektivwertmessung der Drehstromspannung
- Überspannungsschutz mit interner Abschaltung des AVR-Ausgangsgeräts
- einstellbare Ansprechverzögerung (Haltezeit) der Erregungsspannung auf Drehzahländerungen und
- einstellbare Kurzschluss- oder Anlassstrombegrenzung (mit optional erhältlichem zusätzlichen Strommesswandler).

5.2.2.3 DM110

Das digitale Erregungssteuersystem DM110 ist eine auf einem Mikroprozessor basierende Steuerung. Die Parameter des DM110 werden über eine Software auf einem angeschlossenen Personal Computer (PC) eingestellt und überwacht. Beim Einsatz ohne einen PC kann der Steuerungsstatus über die LED-Leuchten an der Steuerung überwacht werden.

Der AVR umfasst folgende Zusatzfunktionen:

- integrierte Leistungsfaktorregelung
- drehzahlabhängig regelbare Spannungsreduzierung als Unterspannungsschutz (UFRO)
- Softstart-Regelung der Wechselstromgenerator-Ausgangsspannung beim Anlassen
- Effektivwertmessung der Drehstromspannung
- Überspannungsschutz mit interner Abschaltung des AVR-Ausgangsgeräts
- einstellbare Erregungsbegrenzung und
- vollständig digitale Steuerung.

5.3 AVR-Zubehörteile

AVR-Zubehörteile sind werkseitig montiert oder werden separat mit einer Einbau- und Verdrahtungsanleitung für den Anlagenelektriker.

5.3.1 Handeinstellpotentiometer (für Spannungsfernregelung)

Zur Feineinstellung der Wechselstromgeneratorspannung kann an geeigneter Stelle (idealerweise in der Bedientafel des Stromaggregats) ein Handeinstellpotentiometer eingebaut und an den AVR angeschlossen werden. Sowohl der Wert des Handeinstellpotentiometers als auch der erreichbare Einstellbereich sind in den technischen Daten zu finden. Sehen Sie sich den zugehörigen Schaltplan an, bevor Sie die Kurzschlussbrücke entfernen und das Handeinstellpotentiometer anschließen.

5.3.2 Statikstromwandler (für den Parallelbetrieb von zwei Wechselstromgeneratoren)

Der Parallelbetrieb von Wechselstromgeneratoren ist durch Einbau eines Statikstromwandlers an einer definierten Stelle der Wechselstromgenerator-Hauptausgangswicklung des möglich, der dann mit dem Spannungsregler (AVR) verbunden wird. Der Einstellbereich ist in den technischen Daten angegeben Sehen Sie sich den Schaltplan an, bevor Sie die Kurzschlussbrücke entfernen und den Statikstromwandler anschließen. Damit der Statikstromwandler einwandfrei funktioniert, MUSS er an die richtige Hauptausgangsklemme angeschlossen werden (zu Einzelheiten, siehe Stromlaufplan des Generators).

5.3.3 Leistungsfaktorregler (PFC, Power Factor Controller) (für den Parallel- oder Netzbetrieb von Wechselstromgeneratoren)

Für den automatischen Spannungsregler (AVR) ist ein elektronisches Steuermodul erhältlich, mit dem sich der Leistungsfaktor am Wechselstromgeneratorausgang regeln lässt. Das Modul nutzt die Wechselstromgenerator-Ausgangsspannung und den Wechselstromgenerator-Ausgangsstrom als Eingänge und Schnittstellen zum AVR, um so die erforderliche Flexibilität der Wechselstromgeneratorerregung zu gewährleisten und so den exportierten (bzw. importierten) kVAr zu regeln. Dies erlaubt die komplett geschlossene Regelung des Wechselstromgeneratorleistungsfaktors direkt an der Netzanschlussstelle. Dank anderer Leistungsmerkmale ist für die Wechselstromgeneratoren vor Aufnahme des Parallelbetriebes eine automatische Spannungsanpassung möglich.

5.3.4 Niederspannungsverbindung/Auswahlschalter

Der AS440 AVR kann für einen Niederspannungsbetrieb konfiguriert werden. Für den Betrieb zwischen 100 und 120 VAC bringen sie eine Kurzschlussbrücke über die Klemmen "La" und Lb" an. Im Niederspannungsbetrieb ist das Überlastverhalten der Steuerung eingeschränkt.

5.3.5 Strombegrenzungswandler

Der Hauptausgangsstrom des Wechselstromgenerators lässt sich elektronisch begrenzen, indem an den AVR MX321 weitere Stromwandler angeschlossen werden. Jedes Mal, wenn der Ausgangsstrom versucht, eine bestimmten (am Spannungsregler) voreingestellten Schwellenwert zu überschreiten, reduziert der AVR die Klemmenspannung wieder abzusenken, um den Soll-Strompegel wieder herzustellen. Bei unsymmetrischen Lasten erfolgt dies immer auf Basis des höchsten der drei Phasenströme.

Leerseite

6 Einsatz des Wechselstromgenerators

⚠ ACHTUNG

Herausgeschleuderte Generatorteile

Bei einem Totalausfall herausgeschleuderte Generatorteile können zu schweren Verletzungen oder Tod durch Stoß, Abschneiden oder Durchstich führen.

Zur Vermeidung von Verletzungen Folgendes beachten:

- **Halten Sie sich bei laufendem Generator vom Luftein- bzw. -auslass fern.**
- **Bringen Sie keine Bedienelemente in der Nähe des Luftein- bzw. -auslasses an.**
- **Vermeiden Sie eine Überhitzung des Generators, indem Sie ihn nicht außerhalb der auf dem Typenschild angegebenen Betriebsgrenzen betreiben.**
- **Generator nicht überlasten.**
- **Generator nicht bei übermäßigen Vibrationen betreiben.**
- **Parallel betriebene Generatoren nicht über die zulässigen Betriebsgrenzen hinaus synchronisieren.**

Es liegt in der Verantwortung des Kunden, dafür zu sorgen, dass der Wechselstromgenerator für den beabsichtigten Einsatzzweck ausreichend dimensioniert ist.

6.1 Betriebsumgebung

STAMFORD-Wechselstromgeneratoren entsprechen standardmäßig dem Schutzgrad IP23. Der Schutzgrad IP23 istallerdings nicht ausreichend, um den Generators ohne entsprechende Zusatzmaßnahmen im Freien zu betreiben.

Außentemperatur	-15 °C bis 40 °C
Relative Feuchtigkeit	< 60 %
Höhe	< 1000 m

Der Wechselstromgenerator ist auf die Betriebsbedingungen in oben stehender Tabelle ausgelegt. Ein Betrieb jenseits dieser Werte ist generell möglich, wenn der Wechselstromgenerator entsprechend ausgelegt ist. Das Leistungsschild enthält weitere Angaben. Falls sich die Betriebsumgebung des Wechselstromgenerators nach dem Kauf geändert hat, ist das Leistungsschild des Wechselstromgenerators entsprechend zu ändern.

6.2 Luftstrom

TABELLE 5. MINDESTLUFTSTROM UND MAXIMALER DRUCKABFALL

Wechselstromgeneratormodell und Frequenz	50 Hz	60 Hz	Maximaler Druckabfall zwischen Einlass und Auslass, mm (Zoll) Wassersäule
	Mindestluftstrom, m^3/s (ft^3/min)		
HC4	0,8 (1700)	0,99 (2100)	6 (0.25)
HC5	1,04 (2202)	1,31 (2780)	6 (0.25)
HCK5	1,23 (2615)	1,59 (3366)	6 (0.25)
HC6	1,62 (3420)	1,96 (4156)	6 (0.25)

Stellen Sie sicher, dass Luftein- und -ausgänge bei Betrieb des Wechselstromgenerators nicht blockiert sind.

6.3 Luftverunreinigungen

Verunreinigungen wie Salz, Öl, Abgase, Chemikalien, Staub, Sand usw. reduzieren die Wirksamkeit der Isolierung und die Lebensdauer der Wicklungen. Sie sollten ggf. die Verwendung von Luftfiltern oder Einhausung zum Schutz des Wechselstromgenerators erwägen.

6.4 Luftfilter

Luftfilter halten Luftpartikel mit einer Größe über 5 µ zurück. Die Filter müssen abhängig von den Standortbedingungen regelmäßig gereinigt oder ausgetauscht werden. Filter häufiger überprüfen, bis sich ein geeigneter Wechselzyklus abzeichnet.

Wechselstromgeneratoren mit werksseitig eingebauten Filtern werden leistungsreduziert ausgeliefert, um dem verminderten Kühlluftstrom Rechnung zu tragen. Bei Nachrüstung von Filtern muss die Nennleistung des Wechselstromgenerators um 5 % reduziert werden.

Luftfilter filtern kein Wasser heraus. Ergreifen Sie zusätzliche Maßnahmen, um die Filter trocken zu halten. Feuchte Filter reduzieren den Luftstrom und führen dadurch zu einer Überhitzung des Wechselstromgenerators und in der Folge zu einem frühzeitigen Verschleiß der Isolierung.

6.5 Feuchtigkeit

Die Wasseraufnahmefähigkeit von Luft ist temperaturabhängig. Sinkt die Lufttemperatur unter den Sättigungspunkt, kann es zu Taubildung auf den Wicklungen kommen, wodurch sich der elektrische Widerstand der Isolierung verringert. Bei feuchter Betriebsumgebung sind möglicherweise weitere Schutzmaßnahmen erforderlich, auch wenn der Wechselstromgenerator eingehaust ist. Auf Anfrage werden Antikondensationsheizungen geliefert.

6.6 Antikondensationsheizungen (Stillstandsheizungen)

⚠ GEFAHR

Spannungsführende elektrische Leiter

Spannungsführende elektrische Leiter können zu schweren Verletzungen durch Stromschlag und Verbrennungen führen.

Trennen Sie den Generatorsatz zum Schutz vor Verletzungen von allen Energiequellen, lassen Sie gespeicherte Energie ab und sichern Sie den Generatorsatz mittels entsprechender Verriegelungen/Kennzeichnungen, bevor Sie Schutzabdeckungen über elektrischen Leitern entfernen.

Die Stromversorgung für die Antikondensationsheizung kommt von einer separaten Quelle. Antikondensations- oder Stillstandsheizungen erhöhen die Lufttemperatur im Bereich der Wicklungen, um die Bildung von Schwitzwasser zu verhindern. Stillstandsheizungen solltem sich am besten bei Ausschalten des Wechselstromgenerators automatisch einschalten.

6.7 Gehäuse

Gehäuse dienen dem Schutz des Wechselstromgenerators vor schädlichen Umwelteinflüssen. Stellen Sie sicher, dass der Wechselstromgenerator mit sauberer Luft (frei von Feuchtigkeit und Verunreinigungen) mit einer Lufttemperatur unter der auf dem Leistungsschild angegebenen maximalen Betriebstemperatur versorgt wird.

Sorgen Sie außerdem dafür, dass um den Wechselstromgenerator herum genügend Freiraum gelassen wird, damit Wartungsarbeiten sicher und ungehindert durchgeführt werden können.

6.8 Schwingungen

STAMFORD-Wechselstromgeneratoren können Schwingungen von Generatorsätzen gemäß ISO 8528-9 und BS 5000-3 widerstehen (wobei ISO 8528 für Breitbandmessungen und BS 5000 für die am Generatorsatz vorherrschenden Schwingungsfrequenzen gilt).

HINWEIS
Eine Überschreitung der oben genannten Spezifikationen wirkt sich nachteilig auf die Lebensdauer der Lager und anderer Komponenten aus und kann bewirken, dass die Garantie für den Wechselstromgenerator verfällt.

HINWEIS
Der Klemmenkasten ist so ausgelegt, dass er die festen Busschienen oder Klemmen, Transformatoren, Lastkabel und die Zusatzklemmenkasten stützt. Zusätzliches Gewicht kann zu übermäßigen Vibrationen und so zum Ausfall des Klemmenkastengehäuses und der Montagevorrichtung führen. Weitere Informationen zum Anschluss der Lastkabel an den Klemmenkasten finden Sie in der Installationsanleitung. Wenden Sie sich an CGT, falls Sie dem Klemmenkasten zusätzliches Gewicht hinzufügen wollen.

6.8.1 Definition nach BS 5000–3

Wechselstromgeneratoren müssen dauerhaft Schwingungen mit Amplituden von 0,25 mm zwischen 5 Hz und 8 Hz und Geschwindigkeiten von 9,0 mm/s Effektivwert zwischen 8 Hz und 200 Hz bei Direktmessung am Rahmen oder Hauptgehäuse des Generators widerstehen können. Diese Grenzwerte gelten nur für die vorherrschende Schwingungsfrequenz einer komplexen Wellenform.

6.8.2 Definition nach ISO 8528-9

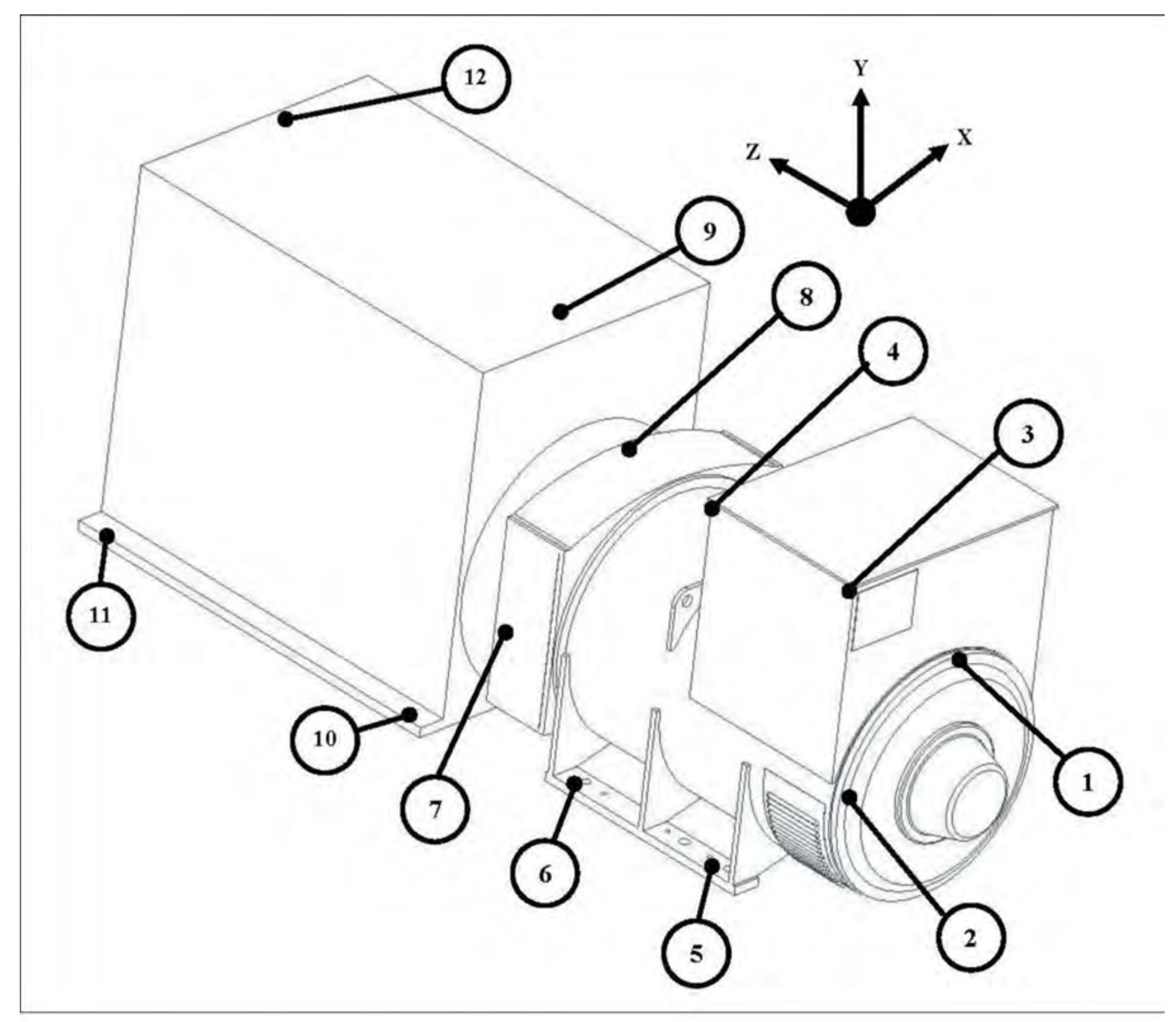
ISO 8528-9 bezieht sich auf ein Breitband von Frequenzen, und zwar zwischen 10 und 1000 Hz. Die folgende Tabelle ist ein Auszug aus der ISO 8528-9 (Tabelle C.1, Wert 1). Diese vereinfachte Tabelle enthält die Schwingungsgrenzwerte nach kVA-Bereich und die Drehzahl für einen akzeptablen Generatorsatzbetrieb.

6.8.3 Linearschwingungsgrenzen

Linearschwingungspegel gemäß Messung am Wechselstromgenerator - HC				
Motordrehzahl U/min (min^{-1})	Ausgangsleistung S (kVA)	Schwingungs-verschiebung rms (mm)	Schwingungs-geschwindigkeit rms (mm/s)	Schwingungs-beschleunigung rms (mm/s^2)
1300 ≤ U/min < 2000	250 < S	0,32	20	13
720 ≤ U/min < 1300	250 < S ≤ 1250	0,32	20	13
Als 'Breitband' wird der Frequenzbereich von 10 Hz bis 1000 Hz angenommen				

6.8.4 Linearschwingungsüberwachung

Wir empfehlen, die Schwingungen mit einem Schwingungsmessgerät an den unten abgebildeten Stellen zu überprüfen. Prüfen Sie, ob sich die Schwingungen innerhalb der angegebenen Normgrenzen bewegen. Überschreiten die Schwingungen diese Grenzen, sollte die Vibrationsursache vom Hersteller des Generatorsatzes festgestellt und behoben werden. Dazu misst der Generatorsatzhersteller am besten Anfangswerte, die dann dem Anwender als Referenz für regelmäßige Schwingungsmessungen im Rahmen der planmäßigen Wartung dienen, um mögliche Verschlechterungen zu erkennen.



6.8.5 Übermäßige Vibration

⚠ ACHTUNG

Herausgeschleuderte Generatorteile

Bei einem Totalausfall herausgeschleuderte Generatorteile können zu schweren Verletzungen oder Tod durch Stoß, Abschneiden oder Durchstich führen.

Zur Vermeidung von Verletzungen Folgendes beachten:

- **Halten Sie sich bei laufendem Generator vom Luftein- bzw. -auslass fern.**
- **Bringen Sie keine Bedienelemente in der Nähe des Luftein- bzw. -auslasses an.**
- **Vermeiden Sie eine Überhitzung des Generators, indem Sie ihn nicht außerhalb der auf dem Typenschild angegebenen Betriebsgrenzen betreiben.**
- **Generator nicht überlasten.**
- **Generator nicht bei übermäßigen Vibrationen betreiben.**
- **Parallel betriebene Generatoren nicht über die zulässigen Betriebsgrenzen hinaus synchronisieren.**

Falls die am Generatorsatz gemessenen Schwingungen nicht innerhalb der Grenzwerte liegen:

1. Die Konstruktion des Generatorsatzes sollte vom Hersteller zugunsten einer größtmöglichen Schwingungsreduzierung geändert werden.
2. Wenden Sie sich für eine Beurteilung der Auswirkungen auf die Lebensdauer von Lagern und Wechselstromgeneratoren an Cummins Generator Technologies.

6.9 Lager

6.9.1 Versiegelte Lager

Überprüfen Sie dauerhaft versiegelte Lager regelmäßig in Übereinstimmung mit dem empfohlenen Wartungsplan. Überprüfen Sie auf Anzeichen von Verschleiß, Abrieb oder nachteilige Eigenschaften. Beschädigungen von Dichtungen, Schmiermittelleckagen oder Farbveränderungen der Lagerringe deuten darauf hin, dass das Lager ausgetauscht werden muss.

6.9.2 Nachschmierbare Lager

Alle Lagergehäuse sind über eine Schmierleitung mit einem externen Schmiernippel verbunden. Auf einem Etikett sind Typ und Menge des Schmiermittels sowie die erforderliche Nachschmierhäufigkeit angegeben. Bei dem empfohlenen Schmiermittel handelt es sich um ein synthetisches Hochleistungsverbundschmiermittel, das nicht mit Schmiermitteln mit anderer Zusammensetzung vermischt werden darf. Weitere Informationen finden Sie im Kapitel "Service und Wartung".

6.9.3 Lebensdauer von Lagern

Die Lebensdauer von Lagern wird von folgenden Faktoren beeinflusst:

- Ungünstige Betriebsumgebung und Betriebsbedingungen
- Übermäßige Belastung durch Fluchtungsfehler im Generatorsatz
- Überschreitung der Schwingungsgrenzen gemäß BS 5000-3 und ISO 8528-9

- Lange Standzeiten des Wechselstromgenerators (einschließlich Transport) in schwingungsbelasteter Umgebung können zu False-Brinelling-Verschleiß (Flachstellen an den Kugeln und Riefen in den Wälzbahnen) führen.
- Umgebungen mit hoher Luftfeuchtigkeit oder Nässe, die zu Korrosion und einer Verschlechterung des Schmiermittels durch Emulsionsbildung führen.

6.9.4 Überwachung des Lagerzustands

Wir empfehlen, den Zustand der Lager mit geeignetem Gerät zur Schwingungsüberwachung zu prüfen. Dazu werden am besten Anfangswerte gemessen und diese als Grundlage für die regelmäßige Überwachung der Lager verwendet, um mögliche Verschlechterungen zu erkennen. So kann der Austausch von Lagern in ausreichenden Abständen im Zuge der Wartung von Generatorsatz oder Motor eingeplant werden.

6.9.5 Lebenserwartung von Lagern

Lagerhersteller wissen, dass die Lebenserwartung von Lagern von zahlreichen Faktoren abhängt, die sie nicht beeinflussen können. Anstatt Angaben über die Standzeit der Lager zu machen, werden daher auf Grundlage der Lebensdauer L10 von Lagern zweckmäßige Austauschintervalle und Schmiermittel angegeben sowie entsprechende Schmiermittel- und Lagerhersteller empfohlen.

Bei normalem Einsatz: bei ordnungsgemäßer Wartung, Schwingungswerten innerhalb der Grenzen gemäß ISO 8528-9 und BS 5000-3 und einer Umgebungstemperatur von maximal 50 °C sollten die Lager planmäßig alle 30.000 Betriebsstunden ausgetauscht werden.

Falls Sie im Zusammenhang mit der Lebensdauer von Lagern in STAMFORD-Wechselstromgeneratoren Fragen haben, wenden Sie sich bitte an die nächste STAMFORD-Vertretung oder direkt an unser Werk in Stamford.

6.9.6 Standby-Anwendungen

Betreiben Sie Wechselstromgeneratoren in Standby-Anwendungen jede Woche für mindestens 10 Minuten ohne Last. Für Wechselstromgeneratoren mit schmierbaren Lagern schmieren Sie die Lager alle 6 Monate neu, unabhängig von der Anzahl der Gesamtbetriebsstunden.

7 Einbau in den Generatorsatz

7.1 Abmessungen des Wechselstromgenerators

Die Abmessungen sind dem für das Wechselstromgeneratormodell spezifischen Datenblatt zu entnehmen. Das Wechselstromgeneratormodell ist auf dem Typenschild angegeben.

HINWEIS
Datenblätter stehen unter www.cumminsgeneratortechnologies.com zum Download zur Verfügung.

7.2 Anheben des Wechselstromgenerators

⚠ ACHTUNG

Herunterfallende mechanische Bauteile

Herunterfallende mechanische Bauteile können zu schweren Verletzungen oder Tod durch Stoß, Quetschen, Abschneiden oder Fangen führen.

Stellen Sie vor Anheben des Generators Folgendes sicher, um Verletzungen zu vermeiden:

- **Kompletten Generatorsatz nicht an den Anschlagpunkten des Generators anheben.**
- **Wechselstromgenerator beim Anheben waagerecht halten.**
- **Bei Einlager-Wechselstromgeneratoren Transportsicherungen an der Antriebs- und Nichtsantriebsseite anbringen, damit der Hauptständer nicht herausfällt.**

7.2.2 Anheben des Wechselstromgenerators

⚠ ACHTUNG

Herunterfallende mechanische Bauteile

Herunterfallende mechanische Bauteile können zu schweren Verletzungen oder Tod durch Stoß, Quetschen, Abschneiden oder Fangen führen.

Stellen Sie vor Anheben des Generators Folgendes sicher, um Verletzungen zu vermeiden:

- **Komplettes Stromaggregat nicht an den Anschlagpunkten des Generators anheben.**
- **Wechselstromgenerator beim Anheben waagerecht halten.**
- **Bei Einlager-Wechselstromgeneratoren Transportsicherungen an der Antriebs- und Nichtsantriebsseite anbringen, damit der Hauptrotor nicht herausfällt.**

Wechselstromgenerator mit Haken oder Schäkeln an den Anschlagpunkten (Ösen oder Augen) anheben. Ein Aufkleber im Bereich des Anschlagpunkts zeigt, wie der Generator richtig angehoben wird. Ausreichend lange Ketten und ggf. eine Traverse verwenden, um sicher zu stellen, dass die Ketten beim Anheben senkrecht hängen. Stellen Sie sicher, dass das verwendete Hebezeug eine für das auf dem Aufkleber angegebene Wechselstromgeneratorgewicht ausreichende Tragfähigkeit besitzt.

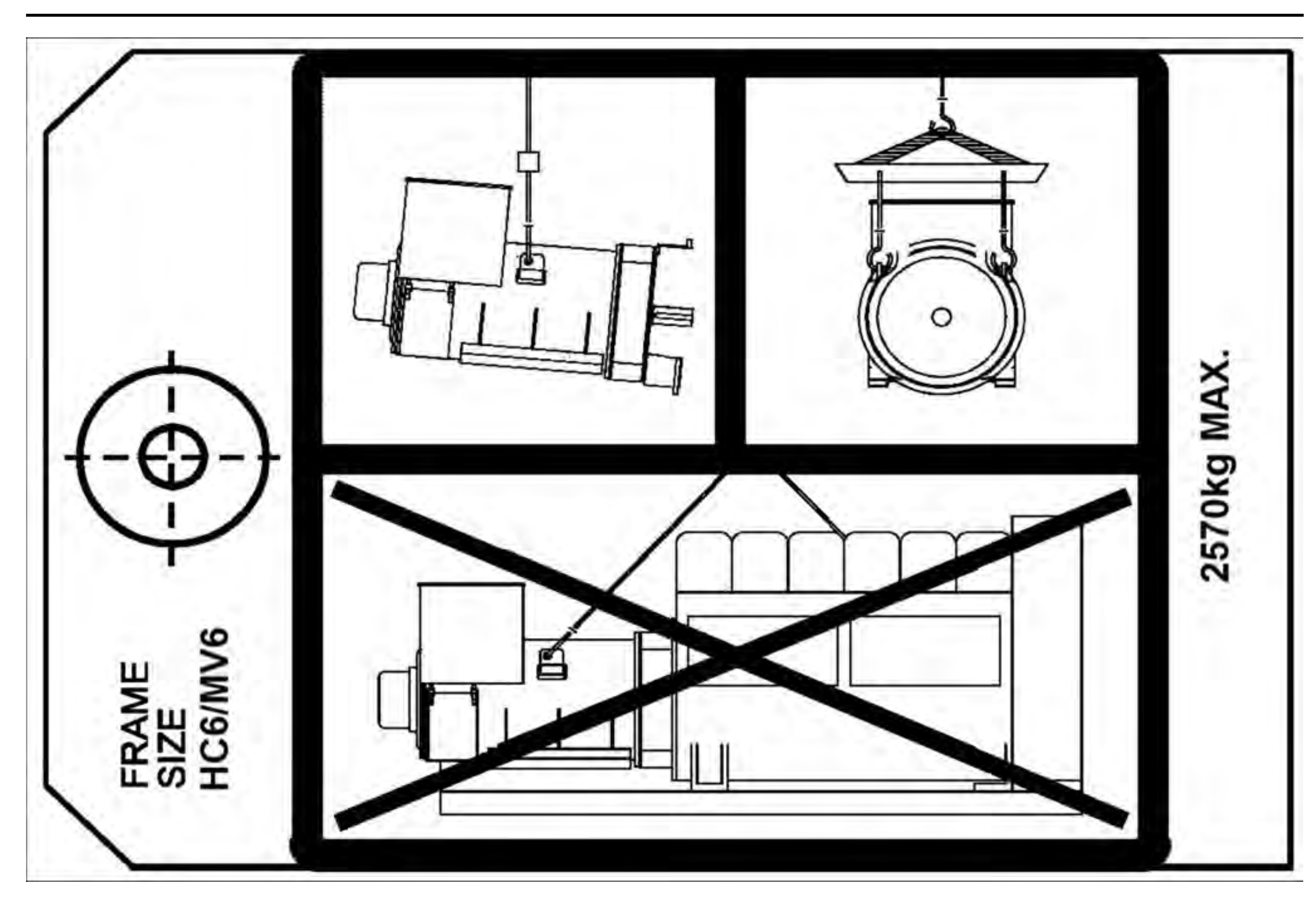


ABBILDUNG 4. AUFKLEBER FÜR DAS ANHEBEN

7.3 Lagerung

Wird der Wechselstromgenerator nicht umgehend eingesetzt, ist dieser an einem sauberen, trockenen und schwingungsfreien Ort zu lagern. Wir empfehlen die Verwendung einer Antikondensationsheizung, falls verfügbar.

Wenn der Generator gedreht werden kann, den Rotor während der Einlagerung jeden Monat mindestens 6 Mal umdrehen.

7.3.1 Nach der Lagerung

Führen Sie nach einem Lagerzeitraum „Tests vor der Inbetriebnahme" aus, um den Zustand der Wicklungen festzustellen. Wenn die Wicklungen feucht sind oder der Isolationswiderstand gering ist, führen Sie eines der Trocknungsverfahren aus (siehe Kapitel 8 auf Seite 41).

Vor der Inbetriebnahme des Generators die Tabelle unten hinzuziehen.

TABELLE 6.

	Während der Einlagerung nicht gedreht	Während der Einlagerung gedreht
Versiegelte(s) Lager	Wenn kürzer als 12 Monate eingelagert, den Generator in Betrieb nehmen. Wenn länger als 12 Monate eingelagert, das oder die Lager austauschen und den Generator dann in Betrieb nehmen.	Wenn kürzer als 24 Monate eingelagert, den Generator in Betrieb nehmen. Wenn länger als 24 Monate eingelagert, das oder die Lager austauschen und den Generator dann in Betrieb nehmen.

Nachschmierbare Lager	Wenn kürzer als 12 Monate eingelagert, den Generator in Betrieb nehmen. Wenn länger als 12 Monate eingelagert, das oder die Lager austauschen und den Generator dann in Betrieb nehmen.	Wenn kürzer als 6 Monate eingelagert, den Generator in Betrieb nehmen. Wenn zwischen 6 und 24 Monate eingelagert, das oder die Lager im ersten Lauf nachschmieren und den Generator dann in Betrieb nehmen. Wenn länger als 24 Monate eingelagert, das oder die Lager austauschen und den Generator dann in Betrieb nehmen.

7.3.2 Anweisung zur Lagerung

Wenn ein Wechselstromgenerator steht, unabhängig davon, ob eingelagert oder anderweitig, kann er Umgebungsfaktoren ausgesetzt sein, wie beispielsweise Schwingungen, Feuchtigkeit, Temperatur und Luftverschmutzungen, die die Lager beeinträchtigen könnten.

Wenden Sie sich im Voraus an CGT, um weitere Anweisungen zu erhalten, falls der Wechselstromgenerator für längere Zeit stehen soll.

7.4 Schwingungsfrequenzen

Der Wechselstromgenerator erzeugt hauptsächlich folgende Schwingungsfrequenzen:

- 6-polig, 1000 U/min, 16⅔ Hz
- 6-polig, 1200 U/min, 20 Hz
- 4-polig, 1500 U/min, 25 Hz
- 4-polig, 1800 U/min, 30 Hz

Die vom Motor in den Wechselstromgenerator eingeleiteten Schwingungen sind komplex. Es liegt in der Verantwortung des Wechselstromgeneratorsatzherstellers abzusichern, dass durch Ausrichtung und Steifigkeit von Grundplatte und Befestigungsteilen die Schwingungsgrenzwerte gemäß BS 5000 Teil 3 und ISO 8528 Teil 9 nicht überschritten werden.

7.5 Verkuppeln des Generatorsatzes

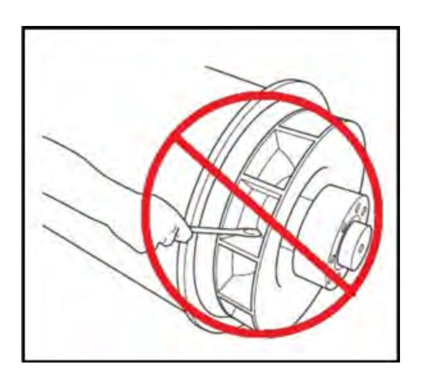
⚠ ACHTUNG
Mechanisch bewegte Teile **Beim Verkuppeln des Generatorsatzes mechanisch bewegte Bauteile können zu schweren Verletzungen durch Quetschen, Abschneiden oder Fangen führen.** **Halten Sie beim Verkuppeln des Generatorsatzes Arme, Hände und Finger von den Kontaktflächen fern, um Verletzungen zu vermeiden.**

7.5.2 Verkuppeln des Generatorsatzes

⚠ ACHTUNG
Mechanisch bewegte Teile **Beim Verkuppeln des Generatorsatzes mechanisch bewegte Bauteile können zu schweren Verletzungen oder Tod durch Quetschen, Abschneiden oder Fangen führen.** **Halten Sie beim Verkuppeln des Generatorsatzes Arme, Hände und Finger von den Kontaktflächen fern, um Verletzungen zu vermeiden.**

HINWEIS

Den Wechselstromgeneratorläufer nicht mit dem Lüfterrad verdrehen. Der Lüfter hält solchen Kräften nicht stand und wird dadurch beschädigt.



Einwandfreie Funktion und lange Lebensdauer der Bauteile sind von der mechanischen Beanspruchung des Wechselstromgenerators abhängig, die möglichst gering sein sollte. Bei der Verkupplung zu einem Generatorsatz können Fluchtungsfehler und Schwingungen des Hauptantriebsmotors zu mechanischer Beanspruchung führen.

Generatorsätze benötigen eine solide, flache und durchgehende Grundplatte mit ausreichender Tragfähigkeit und stabilen Montageunterlagen für eine genaue Ausrichtung. Die Höhe der Unterlagen darf maximal 0,25 mm bei Skid-Montage und 3 mm bei nicht höhenverstellbaren bzw. 10 mm bei höhenverstellbaren schwingungsdämpfenden Lagern betragen. Verwenden Sie zur Feinabstimmung Ausgleichsscheiben. Die Rotationsachsen des Wechselstromgeneratorrotors und der Motorausgangswelle müssen gleichachsig (radiale Ausrichtung) und senkrecht zur gleichen Ebene (winklige Ausrichtung) angeordnet sein. Die axiale Ausrichtung von Wechselstromgenerator und Motorkupplung muss innerhalb von 0,5 mm liegen, um eine thermische Ausdehnung zuzulassen, ohne dass eine ungewollte Axialbeanspruchung der Lager bei Betriebstemperatur entsteht.

Bei Durchbiegen der Kupplung kann es zu Vibrationen kommen. Der Wechselstromgenerator ist für ein maximales Biegemoment von 140 kgm (1000 lbs ft) für die Baugrößen 4 und 5 bzw. nicht über 275 kgm (2000 lbs ft) für Baugröße 6 ausgelegt. Fragen Sie das maximale Biegemoment des Motorflansches beim Hersteller nach.

Eine starre Kupplung von Wechselstromgenerator und Motor kann die Gesamtstabilität des Generatorsatzes erhöhen. Sowohl Ein- als auch Zweillager-Wechselstromgeneratoren können starr gekuppelt werden. Bei elastischer Kupplung muss der Hersteller des Generatorsatzes entsprechende Schutzvorrichtungen vorsehen.

Zum Schutz gegen Rost bei Transport und Lagerung sind der Achsüberstand des Generatorträgers, die Rotorkupplungsplatten und die Wellenverlängerung mit Korrosionsschutzmittel konserviert. Dieses ist vor der Kopplung des Generatorsatzes zu entfernen.

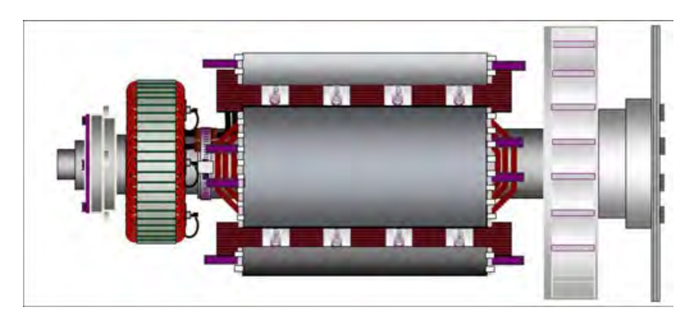


ABBILDUNG 5. ROTOR EINES EINLAGER-WECHSELSTROMGENERATORS, KUPPLUNGSSCHEIBEN MIT DER ANTRIEBSSEITIGEN KUPPLUNGSNABE VERSCHRAUBT (RECHTS)

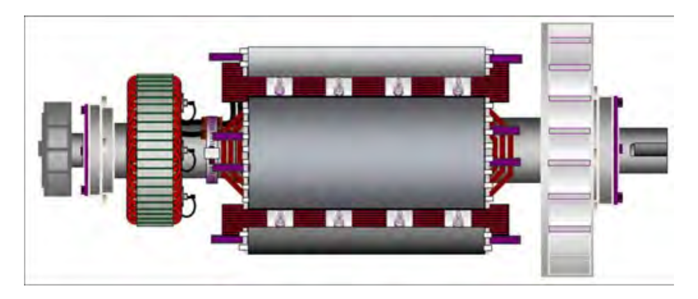


ABBILDUNG 6. ROTOR EINES ZWEILAGER-WECHSELSTROMGENERATORS, WELLE MIT PASSFEDERNUT ZUR ELASTISCHEN KUPPLUNG (RECHTS)

7.5.3 Einlager-Generatoren

⚠ ACHTUNG

Herunterfallende mechanische Bauteile

Herunterfallende mechanische Bauteile können zu schweren Verletzungen oder Tod durch Stoß, Quetschen, Abschneiden oder Fangen führen.

Stellen Sie vor Anheben des Generators Folgendes sicher, um Verletzungen zu vermeiden:

- **Kompletten Generatorsatz nicht an den Anschlagpunkten des Generators anheben.**
- **Wechselstromgenerator beim Anheben waagerecht halten.**
- **Bei Einlager-Wechselstromgeneratoren Transportsicherungen an der Antriebs- und Nichtsantriebsseite anbringen, damit der Hauptständer nicht herausfällt.**

7.5.3.2 Einlager-Generatoren

⚠ ACHTUNG

Herunterfallende mechanische Bauteile

Herunterfallende mechanische Bauteile können zu schweren Verletzungen oder Tod durch Stoß, Quetschen, Abschneiden oder Fangen führen.

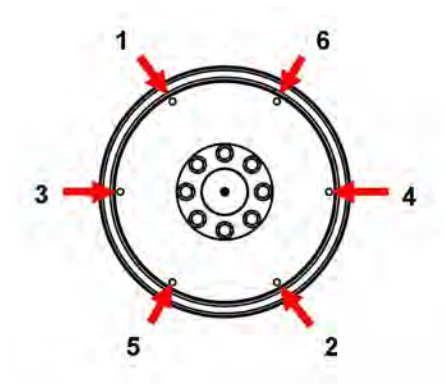
Stellen Sie vor Anheben des Generators Folgendes sicher, um Verletzungen zu vermeiden:

- **Komplettes Stromaggregat nicht an den Anschlagpunkten des Generators anheben.**
- **Wechselstromgenerator beim Anheben waagerecht halten.**
- **Bei Einlager-Wechselstromgeneratoren Transportsicherungen an der Antriebs- und Nichtsantriebsseite anbringen, damit der Hauptrotor nicht herausfällt.**

1. An der Antriebsseite die Transportsicherung entfernen, die den Läufer während des Transports fixiert.
2. Luftauslassabdeckungen auf der Antriebsseite des Wechselstromgenerators abnehmen, um an die Kupplung und die Flanschschrauben zu gelangen.
3. Sicherstellen, dass die Kupplungsscheiben konzentrisch zum Adapter ausgerichtet sind.
4. Zwei Ausrichtungsstifte in den Schwungradbohrungen im Winkel von 180 Grad zueinander anbringen, um die Ausrichtung von Scheibe und Schwungrad zu unterstützen.
5. Den Wechselstromgenerator anheben und zum Motor bewegen, wobei der Motor manuell gedreht wird, um Scheiben und Schwungrad auszurichten.
6. Die Ausrichtungsstifte in die Bohrungen der Kupplungsscheibe einsetzen und den Wechselstromgenerator zum Motor schieben, bis die Kupplungsscheiben an der Schwungradvorderseite anliegen.

HINWEIS
Wechselstromgenerator nicht an den Schrauben in den elastischen Scheiben zum Motor ziehen!

7. Die Adapterschrauben unter Verwendung von Hochlast-Unterlegscheiben unter den Köpfen anbringen. Die Adapterschrauben um den Adapter herum gleichmäßig anziehen.
8. Im Uhrzeigersinn bei jeder Schraube das Anzugsmoment prüfen, um sicherzustellen, dass alle Schrauben fest sitzen. Die vorgeschriebenen Anzugsmomente sind den Angaben des Motorherstellers zu entnehmen.
9. Die Ausrichtungsstifte entfernen. Die Kupplungsschrauben unter Verwendung von Hochlast-Unterlegscheiben unter den Köpfen anbringen.



10. Kupplungsbefestigungsschrauben am Schwungrad in der oben gezeigten Reihenfolge festziehen.
11. Im Uhrzeigersinn bei jeder Schraube das Anzugsmoment prüfen, um sicherzustellen, dass alle Schrauben fest sitzen.
12. Läuferfixierbügel wieder entfernen, sofern vorhanden.
13. Alle Abdeckungen wieder anbringen.

7.5.4 Zweilager-Generatoren

Zur Vermeidung von Torsionseffekten wird für diese Motor-Wechselstromgenerator-Kombination eine elastische Kupplung empfohlen.

Bei Verwendung einer starren Kupplung muss die Ausrichtung der Passflächen durch Ansetzen des Wechselstromgenerators an den Motor überprüft werden. Stellfüße des Wechselstromgenerators falls erforderlich mit Abstimmscheiben unterfüttern.

7.6 Prüfungen vor dem Einschalten

Prüfen Sie vor Einschalten des Generatorsatzes den Isolationswiderstand der Wicklungen und stellen Sie sicher, dass alle Verbindung fest und richtig sitzen. Stellen Sie sicher, dass der Luftweg des Wechselstromgenerators frei ist. Alle Abdeckungen wieder anbringen.

7.7 Prüfung des Isolationswiderstandes

⚠ ACHTUNG
Spannungsführende elektrische Leiter **Spannungsführende Leiter an den Wicklungsanschlüssen nach einer Prüfung des Isolationswiderstands können zu schweren Verletzungen oder Tod durch Stromschlag oder Verbrennungen führen.** **Um Verletzungen vorzubeugen, Wicklungen mindestens 5 Minuten lang durch Erdschluss über einen Erdungsstab entladen.**

7.7.2 Prüfung des Isolationswiderstandes

⚠ ACHTUNG
Spannungsführende elektrische Leiter **Spannungsführende Leiter an den Wicklungsanschlüssen nach einer Prüfung des Isolationswiderstands können zu schweren Verletzungen oder Tod durch Stromschlag oder Verbrennungen führen.** **Um Verletzungen vorzubeugen, Wicklungen mindestens 5 Minuten lang durch Erdschluss über einen Erdungsstab entladen.**

HINWEIS
Vor dieser Prüfung automatischen Spannungsregler und Spannungswandler (sofern vorhanden) abklemmen. Vor dieser Prüfung alle RTD- und Thermistor-Temperatursensoren (sofern vorhanden) abklemmen und erden.

Der Isolationswiderstand muss von einer qualifizierten Fachperson geprüft werden.

Wechselstromgenerator Spannung (kV)	Prüfspannung (V)	Minimaler Isolationswiderstand (MΩ)	
		In Betrieb befindlicher Wechselstromgenerator	Neuer Wechselstromgenerator
Bis zu 1	500	5	10

Liegt der Isolationswiderstand unter den angegebenen Grenzwerten, müssen die Generatorwicklungen ausgetrocknet werden. Siehe Abschnitt "Wartung" (Kapitel 8 auf Seite 41) in diesem Handbuch.

7.7.3 Isolationswiderstand mit Temperatur

Die Mindestwerte für den Isolationswiderstand sind für die Wicklungen bei 20 °C Umgebungstemperatur angeben, der Isolationswiderstand kann jedoch auch bei einer höheren Temperatur gemessen werden, T. Um mit den Mindestwerten vergleichen zu können, multiplizieren Sie die gemessenen Widerstände $(IR)_T$ mit dem entsprechenden Faktor aus der nachfolgenden Tabelle, um die äquivalenten Werte bei 20 °C, $(IR)_{20}$, zu erhalten

Wicklungstemperatur, T (°C) für gemessenes $(IR)_T$	Äquivalenter Isolationswiderstand bei 20 °C $(IR)_{20}$ (MΩ)
20	1 x $(IR)_T$
30	2 x $(IR)_T$
40	4 x $(IR)_T$
50	8 x $(IR)_T$

Wicklungstemperatur , T (°C) für gemessenes $(IR)_T$	Äquivalenter Isolationswiderstand bei 20 °C $(IR)_{20}$ (MΩ)
60	16 x $(IR)_T$
70	32 x $(IR)_T$
80	64 x $(IR)_T$

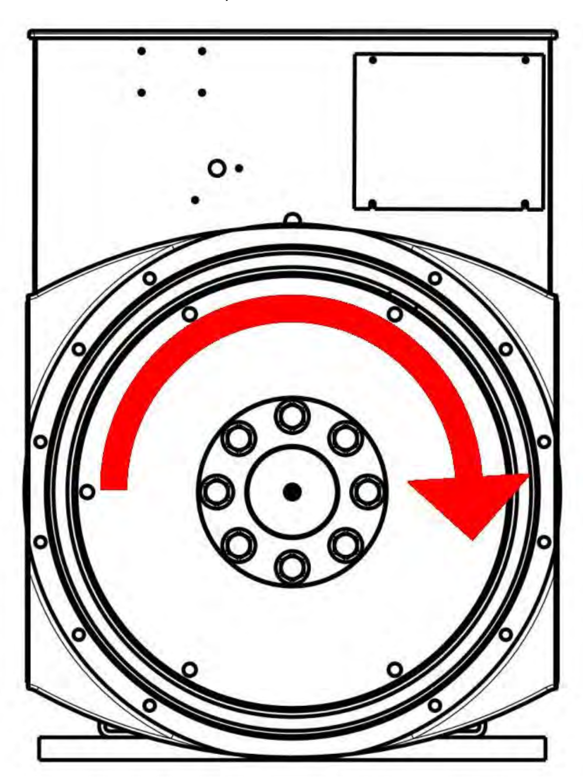
7.8 Hochspannung prüfen

HINWEIS

Die Wicklungen wurden bereits im Verlauf der Herstellung mit Hochspannung geprüft. Wiederholte Hochspannungsprüfungen können die Isolation verschlechtern und die Lebensdauer verringern. Sollte für die Abnahme durch den Kunden dennoch eine weitere Hochspannungsprüfung durchgeführt werden, ist diese bei reduzierter Spannung V = (0,8 x Nennspannung + 1000) durchzuführen. Bei Generatoren, die bereits in Betrieb, sind weitere Prüfungen zu Wartungszwecken nach Sichtkontrolle und Überprüfung des Isolationswiderstands mit reduzierter Spannung V = (1,5 x Nennspannung) durchzuführen.

7.9 Drehrichtung

Der Lüfter dreht vom Antriebsende des Wechselstromgenerators aus gesehen nach rechts (sofern nicht anders bei der Bestellung angegeben). Falls der Wechselstromgenerator nach links drehen muss, wenden Sie sich bitte an Cummins Generator Technologies.



7.10 Phasendrehung

Die Ausgangsleistung des Hauptständers besitzt die Phasenfolge U V W, wobei der Wechselstromgenerator von der Antriebsseite aus gesehen nach rechts dreht. Muss die Phasendrehung umgekehrt werden, sind die Ausgangskabel so wieder anzuschließen, dass eine UVW-Konfiguration entsteht. Fordern Sie hierfür bei Cummins Generator Technologies den entsprechenden Schaltplan an.

7.11 Spannung und Frequenz

Prüfen Sie, ob die für die Anwendung des Generatorsatzes benötigten Spannungs- und Frequenzwerte den Angaben auf dem Leistungsschild des Generators entsprechen.

7.12 Einstellung des automatischen Spannungsreglers (AVR)

Der AVR ist werksseitig darauf ausgelegt, dass vor dem ersten Einschalten Tests durchgeführt werden. Überprüfen Sie, ob die AVR-Einstellungen mit dem von Ihnen benötigten Ausgang kompatibel sind. Eine genaue Anleitung für die Einstellung der Spannung mit und ohne Last finden Sie im AVR-Handbuch.

7.13 Elektrische Anschlüsse

⚠ ACHTUNG
Unsachgemäße elektrische Installation und fehlerhafter Anlagenschutz **Eine unsachgemäße elektrische Installation und ein fehlerhafter Anlagenschutz können zu schweren Verletzungen oder Tod durch Stromschlag und Verbrennungen führen.** **Um Verletzungen vorzubeugen, müssen Installateure ausgebildete Elektrofachkräfte sein und die Anforderungen der Aufsichtsbehörden und des örtlichen Energieversorgers sowie die Sicherheitsbestimmungen am Standort erfüllen.**

HINWEIS
Der Klemmenkasten ist so ausgelegt, dass er die festen Busschienen oder Klemmen, Transformatoren, Lastkabel und die Zusatzklemmenkasten stützt. Eine zusätzliche Masse könnte eine übermäßige Schwingung verursachen und zum Ausfall des Klemmenkastengehäuses und der Montage führen. Wenden Sie sich an CGT, falls Sie dem Klemmenkasten eine zusätzliche Masse hinzufügen wollen.

⚠ ACHTUNG
Unsachgemäße elektrische Installation und fehlerhafter Anlagenschutz **Eine unsachgemäße elektrische Installation und ein fehlerhafter Anlagenschutz können zu schweren Verletzungen oder Tod durch Stromschlag und Verbrennungen führen.** **Um Verletzungen vorzubeugen, müssen Installateure ausgebildete Elektrofachkräfte sein und die Anforderungen der Aufsichtsbehörden und des örtlichen Energieversorgers sowie die Sicherheitsbestimmungen am Standort erfüllen.**

Fehlerstromkurven und Blindwiderstände des Wechselstromgenerators können bei Bedarf werkseitig nachgefragt werden, damit die erforderlichen Fehlerstrom- und/oder Leitungsschutzschalter berechnet werden können.

Vom Installateur ist zu überprüfen, ob der Generatorträger fest auf der Grundplatte des Generatorsatzes verankert und vorschriftsmäßig geerdet ist. Falls zwischen Generatorträger und Grundplatte schwingungsdämpfende Lager installiert sind, muss zwischen den schwingungsdämpfenden Lagern eine Erdungsbrücke mit einem ausreichend bemessenen Leitern gezogen werden.

Für den Anschluss der Lastkabel siehe die entsprechenden Stromlaufpläne. Die elektrischen Anschlüsse werden im Anschlusskasten hergestellt. Um standortspezifische Kabeleinführungen und -verschraubungen zu ermöglichen, verfügt der Kasten über abnehmbare Tafeln. Zum Ausbohren oder Ausschneiden müssen die Tafeln abgenommen werden, damit keine Späne in den Anschlusskasten oder Wechselstromgenerator gelangen. Nach der Verdrahtung den Anschlusskasten überprüfen, gegebenenfalls Schmutz mit einem Staubsauger entfernen und sicherstellen, dass keine innen liegenden Komponenten beschädigt wurden oder beeinträchtigt werden.

Standardmäßig ist der Nullleiter des Wechselstromgenerators nicht an den Generatorträger angeschlossen. Falls erforderlich kann der Nullleiter an die Erdungsklemme im Anschlusskasten angeschlossen werden. Der Leitungsquerschnitt muss wenigstens die Hälfte des Phasenleiterquerschnitt betragen.

Lastkabel müssen in geeigneter Weise unterstützt werden, um enge Kabeleinführungsradien am Anschlusskasten zu vermeiden, an der Kabeleinführung mit einer Zugentlastung versehen sein und sich mindestens ±25 mm mit dem schwingungsgedämpft gelagerten Generatorsatz bewegen können, ohne dass die Kabel und die Lastanschlussklemmen des Wechselstromgenerators übermäßig beansprucht werden.

7.14 Netzanschluss: Stoßspannungen und Mikrounterbrechungen

Es sollten Vorkehrungen getroffen werden, um eine Beschädigung der Wechselstromgeneratorbauteile durch transiente Spannungen zu vermeiden, die aufgrund der angeschalteten Last und/oder durch das Verteilsystem entstehen.

Zur Ermittlung möglicher Risiken sollten alle Aspekte der geplanten Nutzung des Wechselstromgenerators in Betracht gezogen werden, und zwar insbesondere:

- Lasten mit Kenndaten, die zu großen Laständerungen führen.
- Lastenregelung durch Schaltvorrichtungen und Leistungsregelung mit Verfahren, die transiente Spannungsspitzen erzeugen können.
- Verteilsysteme, die durch Fremdeinflüsse beeinträchtigt werden können, z. B. Blitzschlag.
- Anwendungen im Parallelbetrieb mit einer Netzversorgung, bei der die Gefahr von Störungen durch Mikrounterbrechungen besteht.

Falls die Gefahr von Spannungsspitzen oder Mikro-Unterbrechungen für den Wechselstromgenerator besteht, müssen geeignete Schutzeinrichtungen in das Erzeugersystem aufgenommen werden, in der Regel mit Überspannungsschutz und Entstörgeräten, um Vorschriften und Installationsanforderungen zu erfüllen.

Der Überspannungsschutz muss die Spitzenspannung am Wechselstromgenerator von einem Einschaltstoß mit 5 µs Anstiegszeit auf weniger als 1,25 x √2 x (2 x Nennausgangsspannung + 1000 V) reduzieren. Die beste Methode ist, Schutzvorrichtungen in der Nähe der Ausgangsklemmen anzubringen. Weitere Informationen erhalten Sie von Fachverbänden und den Anbietern spezieller Ausrüstung.

7.15 Variierende Lasten

Unter bestimmten Bedingungen können Lastabweichungen die Lebensdauer des Wechselstromgenerators reduzieren.

Identifizieren Sie alle möglichen Risiken, insbesondere:

- Hohe kapazitive Belastungen (z. B. Ausrüstung zur Blindleistungskompensation) können die Stabilität des Wechselstromgenerators beeinträchtigen und ein Polschlüpfen verursachen.
- Stufenweise Netzspannungsabweichung (z. B. Stufenschaltung).

Falls das Risiko variierender Lasten für den Wechselstromgenerator besteht, müssen geeignete Schutzvorrichtungen in das Erzeugersystem aufgenommen werden, beispielsweise ein Untererregungsschutz.

7.16 Synchronisierung

⚠ ACHTUNG

Herausgeschleuderte Generatorteile
Bei einem Totalausfall herausgeschleuderte Generatorteile können zu schweren Verletzungen oder Tod durch Stoß, Abschneiden oder Durchstich führen.
Zur Vermeidung von Verletzungen Folgendes beachten:

- **Halten Sie sich bei laufendem Generator vom Luftein- bzw. -auslass fern.**
- **Bringen Sie keine Bedienelemente in der Nähe des Luftein- bzw. -auslasses an.**
- **Vermeiden Sie eine Überhitzung des Generators, indem Sie ihn nicht außerhalb der auf dem Typenschild angegebenen Betriebsgrenzen betreiben.**
- **Generator nicht überlasten.**
- **Generator nicht bei übermäßigen Vibrationen betreiben.**
- **Parallel betriebene Generatoren nicht über die zulässigen Betriebsgrenzen hinaus synchronisieren.**

⚠ ACHTUNG

Herausgeschleuderte Generatorteile
Bei einem Totalausfall herausgeschleuderte Generatorteile können zu schweren Verletzungen oder Tod durch Stoß, Abschneiden oder Durchstich führen.
Zur Vermeidung von Verletzungen Folgendes beachten:

- **Halten Sie sich bei laufendem Generator vom Luftein- bzw. -auslass fern.**
- **Bringen Sie keine Bedienelemente in der Nähe des Luftein- bzw. -auslasses an.**
- **Do not cause overheating by running the alternator outside rating plate parameters.**
- **Do not overload the alternator.**
- **Do not run an alternator with excessive vibration.**
- **Do not sychronize parallel alternators outside the specified parameters.**

7.16.2 Parallelschalten bzw. Synchronisieren von Wechselstromgeneratoren

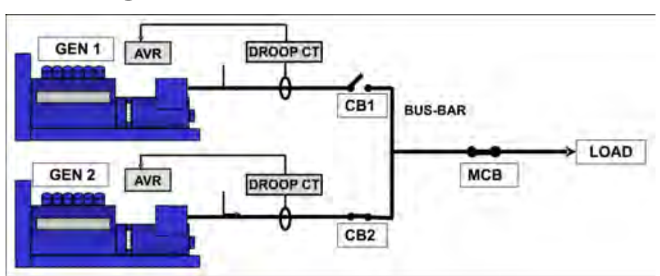


ABBILDUNG 7. PARALLELSCHALTEN BZW. SYNCHRONISIEREN VON WECHSELSTROMGENERATOREN

Der Stromtransformator für die quadratische Differenz (Droop CT) gibt ein zum Blindstrom proportionales Signal aus. Der AVR passt die Erregung an, um den Ausgleichsstrom zu reduzieren und zu ermöglichen, dass alle Wechselstromgeneratoren die Blindlast gemeinsam tragen. Ein werksseitig eingebauter Droop CT ist auf einen Spannungsabfall von 5 % bei einer Blindlast mit Vollleistung voreingestellt. Weitere Informationen über die Differenzanpassung finden Sie in dem im Lieferumfang enthaltenen AVR-Handbuch.

- Es sollte ein Synchronisationsschalter (CB1, CB2) verwendet werden, der bei seiner Betätigung kein „Kontaktprellen“ verursacht.
- Der Synchronisationsschalter muss eine für den vollen Dauerlaststrom des Wechselstromgenerators ausreichende Nennleistung besitzen.
- Der Synchronisationsschalter muss den strengen Schließzyklen während der Synchronisation und den bei einer parallelen Fehlsynchronisation des Wechselstromgenerators erzeugten Strömen standhalten können.
- Die Schließzeit des Synchronisationsschalters muss über die Synchronisationsvorrichtung geregelt werden.
- Der Schalter muss auch unter Fehlerbedingungen wie z. B. Kurzschlüssen arbeiten können. Entsprechende Wechselstromgenerator-Datenblätter liegen vor.

HINWEIS
Zu einer Fehlerbedingung können auch andere Wechselstromgeneratoren oder das Netz/der Stromversorger beitragen.

Mögliche Synchronisationsmethoden sind automatische Synchronisation oder Kontrollsynchronisation. Eine manuelle Synchronisation wird nicht empfohlen. Die Einstellungen der Synchronisierungsvorrichtung sollten für einen sanften Synchronisiervorgang des Wechselstromgenerators sorgen.

Die Phasenfolge muss folgenden Werten entsprechen:	
Spannungsdifferenz	+/- 0.5%
Frequenzdifferenz	0,1 Hz/sec
Phasenwinkel	+/- 10°
Einschaltzeit Schutzschalter	50 ms

Die Synchronisierungsvorrichtung muss innerhalb der oben angegebenen Kenngrößen eingestellt werden.

Die Spannungsdifferenz beim Netzparallelbetrieb beträgt +/- 3%.

8 Wartung und Instandhaltung

8.1 Empfohlener Wartungsplan

Lesen Sie den Abschnitt Sicherheitsmaßnahmen (**Kapitel 2 auf Seite 3**) in diesem Handbuch, bevor Sie Service- und Wartungsarbeiten unternehmen.

Eine Explosionsdarstellung der Komponenten sowie Informationen über die Befestigungen finden Sie im Abschnitt Teilebeschreibung (**Kapitel 11 auf Seite 105**).

Der empfohlene Wartungsplan zeigt die empfohlenen Wartungsarbeiten in den Tabellenzeilen für die einzelnen Unterbaugruppen des Wechselstromgenerators. Die Tabellenspalten beschreiben die Art der Wartungsarbeiten, ob der Wechselstromgenerator in Betrieb sein muss, sowie die Wartungsstufen. Die Wartungshäufigkeit ist in Betriebsstunden oder als Zeitintervall angegeben, abhängig davon, was früher liegt. Ein Kreuz (X) an den Schnittstellen aus Zeilen und Spalten gibt den Typ der Wartungsarbeit an, und wann sie durchzuführen ist. Ein Stern (*) kennzeichnet eine Wartungsarbeit, die nur dann durchzuführen ist, wenn dies notwendig ist.

Alle Servicestufen aus dem empfohlenen Wartungsplan können direkt bei Cummins Generator Technologies Customer Service Department gekauft werden.

Telefon: +44 1780 484732,

E-Mail: service-engineers@cumminsgeneratortechnologies.com

1. Eine ordnungsgemäße Wartung und Reparaturen sind unabdingbar für den zuverlässigen Betrieb Ihres Wechselstromgenerators und die Sicherheit aller Personen, die in Kontakt mit ihm gelangen.
2. Diese Wartungsarbeiten sollen die Lebensdauer des Wechselstromgenerators verlängern, sie verändern, erweitern oder ändern jedoch nicht die vom Hersteller gebotenen Standardgarantiebedingungen und auch nicht Ihre Verpflichtungen im Rahmen dieser Garantie.
3. Die angegebenen Wartungsintervalle dienen nur als Anhaltspunkt. Sie wurden auf der Grundlage erarbeitet, dass der Wechselstromgenerator gemäß den Vorgaben des Herstellers installiert und betrieben wird. Falls sich der Wechselstromgenerator in einer ungünstigen oder unüblichen Umgebung befindet und/oder dort betrieben wird, können die Wartungsintervalle kürzer sein. Der Wechselstromgenerator muss zwischen den Wartungen überwacht werden, um mögliche Ausfälle, Zeichen für eine fehlerhafte Bedienung oder übermäßigen Verschleiß zu erkennen.

-

TABELLE 7. SERVICEPLAN FÜR DEN WECHSELSTROMGENERATOR

System	WARTUNGSARBEIT	In Betrieb befindlicher Wechselstromgenerator	TYP				SERVICESTUFE								
	X = erforderlich * = falls notwendig		Inspektion	Test	Reinigung	Austauschen	Inbetriebnahme	Nach der Inbetriebnahme	250 Stunden / 0,5 Jahr	Stufe 1	1000 Stunden / 1 Jahr	Stufe 2	10.000 Stunden / 2 Jahre	Stufe 3	30.,000 Stunden / 5 Jahre
Wechselstromgenerator	Auslegung des Wechselstromgenerato s		x				x								
	Ausrichtung der Grundplatte		x				x								
	Ausrichtung der Kupplung		x				x					*		x	
	Umgebungsbedingunge n und Sauberkeit		x				x	x		x		x		x	
	Umgebungstemperatur (innen und außen)			x			x	x		x		x		x	
	Vollständige Maschine – Beschädigung, lose Teile & Erdungsverbindungen		x				x	x		x		x		x	
	Schutzvorrichtungen, Abschrimungen, Warn- und Sicherheitsaufkleber		x				x	x		x		x		x	
	Wartungszugang		x				x								
	Elektrische Nennbetriebsbedingung en & Erregung	x		x			x	x		x		x		x	
	Schwingungen	x		x			x	x		x		x		x	

System	WARTUNGSARBEIT	In Betrieb befindlicher Wechselstromgenerator	TYP				SERVICESTUFE								
	X = erforderlich * = falls notwendig		Inspektion	Test	Reinigung	Austauschen	Inbetriebnahme	Nach der Inbetriebnahme	250 Stunden / 0,5 Jahr	Stufe 1	1000 Stunden / 1 Jahr	Stufe 2	10.000 Stunden / 2 Jahre	Stufe 3	30.,000 Stunden / 5 Jahre
Wicklungen	Zustand der Wicklungen		x				x	x		x		x		x	
	Isolierungswiderstand aller Wicklungen (PI-Test für MV/HV)			x			x	*		*		x		x	
	Isolierungswiderstand des Läufers, Erreger und PMG			x				x		x					
	Temperatursensoren	x		x			x	x		x		x		x	
	Kundenspezifische Einstellungen für Temperatursensoren		x				x								
Lager	Zustand der Lager		x				x							x	
	Schmierausgang und Abscheider				x			x		x		x		x	
	Einbringung von Schmierfett in schmierbare Lager	x				x		**alle 4000 bis 4500 Betriebsstunden**							
	Versiegelte Lager		x					**alle 4000 bis 4500 Betriebsstunden**							
	Schmierbare und versiegelte Lager					x						*		x	
	Temperatursensoren	x		x			x	x		x		x		x	
	Kundenspezifische Einstellungen für Temperatursensoren		x				x								
Anschlusskasten	Alle Anschlüsse und Verdrahtungen für den Wechselstromgenerator /beim Kunden		x				x	x		x		x		x	

System	WARTUNGSARBEIT	In Betrieb befindlicher Wechselstromgenerator	TYP				SERVICESTUFE								
	X = erforderlich * = falls notwendig		Inspektion	Test	Reinigung	Austauschen	Inbetriebnahme	Nach der Inbetriebnahme	250 Stunden / 0,5 Jahr	Stufe 1	1000 Stunden / 1 Jahr	Stufe 2	10.000 Stunden / 2 Jahre	Stufe 3	30.,000 Stunden / 5 Jahre
Steuerelemente und Hilfskomponenten	Anfängliche Einstellung AVR & PFC	x		x			x								
	Einstellungen AVR & PFC	x		x				x		x		x		x	
	Anschluss von Hilfskomponenten beim Kunden			x			x			x		x		x	
	Funktion von Hilfskomponenten			x			x	x		x		x		x	
	Synchronisierung der Einstellungen		x				x								
	Synchronisierung	x		x			x	x		x		x		x	
	Stillstandsheizer					x						*		x	
Gleichrichter	Dioden und Varistoren		x				x	x		x		x			
	Dioden und Varistoren					x								x	
Kühlung	Lufteinlasstemperatur	x		x			x	x		x		x		x	
	Luftstrom (Geschwindigkeit & Richtung)	x	x				x								
	Zustand des Gebläses		x				x	x		x		x		x	
	Zustand des Luftfilters (falls eingebaut)			x			x	x		x		x		x	
	Luftfilter (falls eingebaut)				x	x				*		*		*	

8.2 Lager

8.2.1 Einleitung

HINWEIS

Befüllen Sie Lager nicht mit zu viel Schmiermittel. Das Lager kann dadurch beschädigt werden.

Mischen Sie nicht verschiedene Schmiermitteltypen. Wechseln Sie die Handschuhe, wenn Sie mit unterschiedlichen Schmiermitteln umgehen.

Bauen Sie die Lager in nicht statisch aufgeladenen und staubfreien Umgebungen zusammen und tragen Sie dabei flusenfreie Handschuhe.

Lagern Sie ausgebaute Teile und Werkzeuge in nicht statisch aufgeladenen und staubfreien Umgebungen, um eine Beschädigung oder Verunreinigung zu vermeiden.

Ein Lager wird durch die für seine Entfernung von der Läuferwelle anzuwendende Axialkraft beschädigt. Ein Lager kann nicht wiederverwendet werden.

Durch Anwendung von Kraft auf die Kugeln beim Einsetzen wird ein Lager beschädigt. Drücken Sie den äußeren Laufring nicht unter Anwendung von Gewalt auf den inneren Laufring und umgekehrt.

Versuchen Sie nicht, den Läufer zu drehen, indem Sie einen Hebel auf die Gebläseschaufeln anwenden. Das Gebläse wird dadurch beschädigt.

Der Läufer des Wechselstromgenerators wird auf der Nichtantriebsseite (NDE) von einem Lager und auf der Antriebsseite (DE) von einem Lager oder einer Kupplung zum Hauptantrieb abgestützt.

- Weitere Informationen entnehmen Sie bitte den Abschnitten zu den Richtlinien für Lager in Wechselstromgenerator-Anwendungen (**Abschnitt 6.9 auf Seite 27**) und die Lagerung (**Abschnitt 7.3**) in diesem Handbuch.
- Schmieren Sie alle schmierbaren Lager gemäß dem empfohlenen Wartungsplan mit der ordnungsgemäßen Menge an empfohlenen Schmiermitteln neu, oder wie auf dem Aufkleber am dem Schmiernippel angegeben.
- Überprüfen Sie alle versiegelte Lager in Übereinstimmung mit dem empfohlenen Wartungsplan. Wenden Sie sich an CGT, wenn Schmiermittel aus dem Lager ausgetreten ist, und geben Sie dabei den Lagertyp und die ausgetretene Schmiermittelmenge an.
- Tauschen Sie die Lager gemäß dem empfohlenen Serviceplan durch Lager eines identischen Typs (auf dem Lager aufgeprägt) aus, die Sie vom OEM (Originalausrüster) beziehen, und füllen Sie die richtige Menge und den richtigen Typ Schmiermittel ein. Falls kein exakter Austauschtyp zur Verfügung steht, wenden Sie sich an CGT.

8.2.2 Sicherheit

⚠ GEFAHR

Mechanisch rotierende Teile

Mechanisch rotierende Bauteile können zu schweren Verletzungen oder Tod durch Quetschen, Abschneiden oder Fangen führen.

Trennen Sie den Generatorsatz zum Schutz vor Verletzungen von allen Energiequellen, lassen Sie gespeicherte Energie ab und sichern Sie den Generatorsatz mittels entsprechender Verriegelungen/Kennzeichnungen, bevor Sie Schutzabdeckungen über rotierenden Bauteilen entfernen.

⚠ ACHTUNG

Heiße Oberflächen
Der Kontakt mit heißen Oberflächen kann zu schweren Verbrennungen führen.
Tragen Sie eine geeignete Persönliche Schutzausrüstung (PSA), um Verletzungen vorzubeugen.

⚠ VORSICHT

Schmierfett
Hautkontakt mit Schmierfett kann zu leichten bis mittelschweren Verletzungen durch Kontaktdermatitis führen.
Tragen Sie eine geeignete Persönliche Schutzausrüstung (PSA), um Verletzungen vorzubeugen.

HINWEIS

Füllen Sie nicht zu viel Schmiermittel in ein Lager. Das Lager kann dadurch beschädigt werden.
Mischen Sie nicht verschiedene Schmiermitteltypen. Wechseln Sie die Handschuhe, wenn Sie mit unterschiedlichen Schmiermitteln umgehen.
Bauen Sie die Lager in nicht statisch aufgeladenen und staubfreien Umgebungen zusammen und tragen Sie dabei flusenfreie Handschuhe.
Lagern Sie ausgebaute Teile und Werkzeuge in nicht statisch aufgeladenen und staubfreien Umgebungen, um eine Beschädigung oder Verunreinigung zu vermeiden.
Ein Lager wird durch die für seine Entfernung von der Läuferwelle anzuwendende Axialkraft beschädigt. Ein Lager kann nicht wiederverwendet werden.
Durch Anwendung von Kraft auf die Kugeln beim Einsetzen wird ein Lager beschädigt. Drücken Sie den äußeren Laufring nicht unter Anwendung von Gewalt auf den inneren Laufring und umgekehrt.
Versuchen Sie nicht, den Läufer zu drehen, indem Sie einen Hebel auf die Gebläseschaufeln anwenden. Das Gebläse wird dadurch beschädigt.

8.2.3 Lager nachschmieren

8.2.3.1 Anforderungen

Persönliche Schutzausrüstung (PSA)	Tragen Sie die am Standort vorgeschriebene PSA
Verbrauchsstoffe	Flusenfreie Reinigungstücher
	Dünne Einmalhandschuhe
Teile	CGT-Schmiermittelempfehlung
Werkzeug	Schmierpistole (nach Volumen oder Masse kalibriert)

8.2.3.2 Nachschmieren

TABELLE 8. NACHSCHMIEREN: SCHMIERMITTELTYP UND -MENGE

Lagertyp	Empfohlene Schmiermittelmenge	
	Volumen (cm^3)	**Masse (g)**
Antriebsseite (HC6)	**75**	**66**
Nicht-Antriebsseite End (HC6)	**60**	**53**
Antriebsseite (HC5)	**46**	**41**
Nicht-Antriebsseite End (HC5)	**33**	**29**

1. Identifizieren Sie für jedes Lager den Schmiernippel, den Nachschmieraufkleber und den Lagertyp.
2. Stellen Sie sicher, dass das neue Schmiermittel nicht verunreinigt ist. Es muss durchgängig eine weißlich-beige Farbe und steife Konsistenz aufweisen.
3. Reinigen Sie die Tülle der Schmierpistole und den Schmiernippel.
4. Reinigen Sie den Schmiermittelausgang.
5. Bringen Sie die Schmierpistole am Schmiernippel an und fügen Sie die ordnungsgemäße Menge Schmiermittel ein.
6. Nehmen Sie den Wechselstromgenerator für mindestens 60 Minuten mit oder ohne Last in Betrieb.
7. Reinigen Sie den Schmiermittelausgang.
8. Überprüfen Sie die Farbe und die Konsistenz des am Ausgang ausgetretenen Schmiermittels und vergleichen Sie es mit neuem Schmiermittel – weißlich beige mit steifer Konsistenz.
9. Tauschen Sie das Lager aus, wenn das ausgetretene Schmiermittel stark verfärbt oder nicht vorhanden ist.

8.2.4 Lager austauschen

Führen Sie die folgenden Schritte in der gezeigten Reihenfolge aus:

1. Für den Zugriff auf das Lager auf der Nicht-Antriebsseite befolgen Sie die Anweisungen im Abschnitt **Entfernen der Nicht-Antriebsseite**
2. Falls das Lager auf der Antriebsseite ausgetauscht werden soll, folgen Sie für den Zugriff auf das Lager den Anweisungen im Abschnitt **Entfernen der Antriebsseite**.
3. Bauen Sie das neue Lager für die Nicht-Antriebsseite zusammen und montieren Sie es (ebenso wie gegebenenfalls das Lager für die Antriebsseite) auf der Läuferwelle, indem Sie den Anweisungen im Abschnitt **Montage des Lagers** folgen.
4. Falls das Lager auf der Antriebsseite ausgetauscht wurde, befolgen Sie die Anweisungen im Abschnitt **Montage der Antriebsseite**, um die Komponenten der Antriebsseite wieder anzubringen.
5. Befolgen Sie für die Wiederanbringung der Komponenten der Nicht-Antriebsseite die Anweisungen im Abschnitt **Montage der Nicht-Antriebsseite**.

8.2.4.1 Anforderungen

Nachschmierbare Lager

Persönliche Schutzausrüstung (PSA)	Tragen Sie die am Standort vorgeschriebene PSA. Tragen Sie für die Handhabung aufgeheizter Teile hitzebeständige Handschuhe.
Verbrauchsstoffe	Flusenfreie Reinigungstücher
	Dünne Einmalhandschuhe
	Waschlösung
	Große Plastiktüten (für die Aufbewahrung von Teilen)
	Weiße antistatische Montageoberfläche

Teile	Lager Nichtantriebsseite
	Lager Antriebsseite (falls eingebaut)
	CGT-Schmiermittelempfehlung
	Von CGT empfohlene Antischleif-Paste
	O-Ringe (falls eingebaut)
	Wellenscheibe
	Fettschleuderring
Werkzeuge	Schmierpistole (nach Volumen oder Masse kalibriert)
	Waschschüssel und Bürste
	Induktionsheizer (mit Schutzhülse an der Leiste)
	Drehmomentschlüssel
	Werkzeug für den Ausbau der Lager (siehe Kapitel über Ersatzteile und Kundendienst)
	Läuferstützpaket (Nylonstreifen 4 mm x 60 mm x Kernlänge)
	Buchse und Pumpe Hydraulikzylinder
	M10 x 120 Führungsbolzen x 2

8.2.4.2 Entfernen der Nicht-Antriebsseite

HINWEIS
Befestigen Sie die empfindlichen Erregerkontakte und Temperatursensorkontakte sicher innerhalb der Klammer an der Nicht-Antriebsseite. Achten Sie auf die Verlegung der Kontakte und die Position aller Befestigungselemente. Trennen Sie die Kontakte vorsichtig und bewahren Sie alle Befestigungselemente für die Wiederverwendung bei der Montage auf. Achten Sie darauf, die Kontakte beim Entfernen und bei der Aufbewahrung der Klammer auf der Nicht-Antriebsseite nicht zu beschädigen.

1. Schalten Sie die Stillstandsheizung (falls montiert) aus und trennen Sie sie von der Stromversorgung.
2. Entfernen Sie die PMG-Abdeckung.
3. Entfernen Sie die untere Lufteinlassabdeckung.
4. Entfernen Sie den Deckel des Anschlusskastens und die Seitenplatte (links, von der Nicht-Antriebsseite aus betrachtet)
5. Trennen Sie das PMG-Steuerkabel.
6. Trennen Sie die Schmierleitung (falls montiert) von der Lagerkartusche und der Klammer an der Nicht-Antriebsseite.
7. Trennen Sie den Heizer.
8. Trennen Sie den RTD-Sensor für die Lagertemperatur (falls montiert) mit Hilfe eines 10-mm-Schlüssels vom Lager.
9. Entfernen Sie den PMG-Ständer und den PMG-Läufer zusammen als eine Baugruppe.
10. Bewahren Sie die PMG-Baugruppe in einer Plastiktasche auf. Versiegeln Sie die Tasche, um die Teile vor Verunreinigungen zu schützen.
11. Entfernen Sie den Positionsstift für den PMG-Läufer vom Ende der Läuferwelle oder verwenden Sie eine Schraube mit Abstandshalter im PMG-Läufergewinde, um Beschädigungen des Stifts zu vermeiden.

12. Entfernen Sie die Lagerdeckel-Baugruppe an der Nicht-Antriebsseite.
13. Drehen Sie den Hauptläufer, sodass die Keilnut der Nicht-Antriebsseite oben an der Läuferwelle steht. In dieser Position steht der untere Läuferschaft vertikal und stützt das Läufergewicht, wenn das Lager entfernt wird. Falls der Läufer nicht gedreht werden kann und der Läuferschaft nicht vertikal steht, bringen Sie zwei Stützteile für den Läufer an (siehe unten), um die beiden unteren Schafte zu stützen.
14. Trennen Sie die Kontakte F1 (rot) und F2 am AVR, durchtrennen Sie die Kabelbinder und ziehen Sie die Kontakte zum Erregerständer zurück.
15. Entfernen Sie die Befestigungen der Lagerkartusche der Nicht-Antriebsseite.
16. Befestigen Sie zwei mindestens 120 mm lange Führungsgewindebolzen in der Lagerkartusche der Nicht-Antriebsseite.
17. Entfernen Sie die Befestigungen von der Klammer an der Nicht-Antriebsseite.
18. Setzen Sie zwei M10-Abdrückschrauben halb in die Gewindelöcher an der horizontalen Mittellinie der Klammer an der Nicht-Antriebsseite ein, um einen Spalt für einen Lastbügel zwischen der Klammer der Nicht-Antriebsseite und dem Rahmen zu schaffen – ca. 10 mm Bewegung.
19. Befestigen Sie einen Lastbügel an der Klammer der Nicht-Antriebsseite und stützen Sie mit einer Kranschlinge.
20. Setzen Sie die Abdrückschrauben vollständig ein, um die Klammer der Nicht-Antriebsseite vom Rahmen zu lösen.
21. Für Wechselstromgeneratoren mit Lager an der Antriebsseite setzen Sie ein Stützteil für das Lager in die Lücke zwischen dem unteren Läuferschaft und dem Ständer über die gesamte Länge des Läuferschafts ein. Wenn das Lager an der Nicht-Antriebsseite entfernt wird, hält das Stützteil den Läufer fast horizontal, um eine nicht-radiale Belastung des anderen Lagers zu reduzieren.
22. Senken Sie die Kranseilschlaufen oder den Heber vorsichtig ab, um das Läufergewicht auf die Stützen zu setzen, und entfernen Sie die Schlaufe.
23. Schieben Sie die Klammer der Nicht-Antriebsseite an der Läuferwelle entlang der Führungsbolzen vorsichtig vom Wechselstromgenerator weg, ohne die Erreger-Wicklungen am Erreger-Läufer zu beschädigen, und legen Sie sie beiseite.
24. Legen Sie die Klammer der Nicht-Antriebsseite flach auf dem Boden auf Holzstützen ab, wobei der Erregerständer nach oben zeigt.
25. Entfernen Sie die Führungsbolzen.

8.2.4.3 Entfernen der Antriebsseite

1. Entfernen Sie zuerst die Komponenten der Nicht-Antriebsseite, indem Sie die Anweisungen in **Entfernen der Nicht-Antriebsseite** befolgen.
2. Entfernen Sie das Luftauslassgitter und die Klappen von der Antriebsseite.
3. Trennen Sie den Wechselstromgenerator vom Hauptantrieb.
4. Trennen Sie die Schmierleitung (falls montiert).
5. Trennen Sie den RTD-Sensor für die Lagertemperatur (falls vorhanden).
6. Entfernen Sie den Lagerdeckel der Antriebsseite.
7. Entfernen Sie die Befestigungen der Lagerkartusche der Antriebsseite.
8. Befestigen Sie zwei mindestens 120 mm lange Führungsgewindebolzen in der Lagerkartusche der -Antriebsseite.

9. Stützen Sie die Klammer an der Antriebsseite mit einer Kranschlinge und Hebehaken, die an den Luftauslassschächten angebracht sind.
10. Entfernen Sie die Befestigungen von der Klammer an der Antriebsseite.
11. Entfernen Sie die Klammer an der Antriebsseite, indem Sie sie mit einem Fäustel vom Rahmen wegklopfen.
12. Senken Sie die Kranseilschlaufen vorsichtig ab, um das Läufergewicht auf die Stützen zu setzen.
13. Schieben Sie die Klammer der Antriebsseite vorsichtig vom Wechselstromgenerator weg und legen Sie sie beiseite.
14. Entfernen Sie die Führungsbolzen.

8.2.4.4 Montage eines versiegelten Lagers

1. Entfernen Sie die Wellenscheibe und entsorgen Sie sie (nur Nicht-Antriebsseite)
2. Entfernen Sie den Sicherungsring (nur Nicht-Antriebsseite).
3. Entfernen Sie das Lager und die Kartuschenbaugruppe mit Hilfe des Werkzeugs und der Buchse von der Hauptläuferwelle.
4. Bereiten Sie das Lager auf die Montage vor, indem Sie folgendes reinigen:
   a. Wischen Sie die antistatische Montagefläche mit Hilfe eines Lösungsmittels auf einem flusenfreien Tuch sauber.
   b. Waschen Sie die Lagerkartusche, den Wellenring und den Lagerdeckel und überprüfen Sie sie auf Verunreinigungen.
   c. Wischen Sie überschüssige Waschlösung mit einem flusenfreien Tuch ab und legen Sie alle Komponenten auf die saubere antistatische Montagefläche.
   d. Reinigen Sie die Außenseite der Schmierpistolentülle mit Hilfe eines flusenfreien Tuchs sorgfältig.
5. Bereiten Sie das Lager vor:
   a. Nehmen Sie das Lager aus der Verpackung.
   b. Wischen Sie das Konservierungsöl mit einem flusenfreien Tuch von der Oberfläche der Innen- und Außenringe.
   c. Legen Sie das Lager auf die saubere antistatische Montagefläche, wobei die Identifizierungskennzeichnungen für den Lagertyp nach unten zeigen.
6. Bauen Sie die Lagerkomponenten zusammen:
   a. Bringen Sie einen neuen O-Ring in der Nut des Lagergehäuses an (nur Nicht-Antriebsseite).
   b. Bringen Sie mit einem flusenfreien Tuch Antischleif-Schmiermittel (Kluber Altemp Q NB 50) in einer dünnen, gleichmäßigen Schicht im Umkreis des Lagergehäuses an, ohne es zu verreiben.
   c. Montieren Sie das Lager in der Lagerkartusche, indem Sie **NUR** auf den Außenring des Lagers drücken. Stellen Sie sicher, dass der äußere Laufring des Lagers die Positionierungsleiste berührt.
   d. Bringen Sie eine kleine Menge Schmiermittel an der genuteten Dichtungsfläche des Lagerdeckels an.
7. Bringen Sie die Lagerbauteile an:
   a. Expandieren Sie die Lager- und Kartuschenbaugruppe im Induktionsheizer durch Aufheizen auf 90 bis 100 °C.

b. Schieben Sie die Lager- und Kartuschenbaugruppe über die Läuferwelle und drücken Sie sie dabei fest gegen die Positionierungsleiste.

c. Drehen Sie die Baugruppe (einschließlich des inneren Laufrings) um 45 Grad in beide Richtungen, um ihren sicheren Sitz zu gewährleisten. Halten Sie das Lager fest, während es abkühlt und sich um die Läuferwelle zieht.

d. Bringen Sie den Sicherungsring (nur Nicht-Antriebsseite) wieder in der Nut der Hauptläuferwelle an.

e. Bringen Sie die Wellenscheibe an (nur Nicht-Antriebsseite)

f. Warten Sie, bis sich Lager- und Kartuschenbaugruppe auf Umgebungstemperatur abgekühlt haben.

g. Bringen Sie die Lagerabdeckung an der Lagerkartusche an.

8. Tragen Sie den Lagerwechsel in den Service-Bericht ein.

8.2.4.5 Montage eines nachschmierbaren Lagers

TABELLE 9. ERSTSCHMIERUNG: SCHMIERMITTELMENGE

Empfohlene Schmiermittelmenge								
Lagertyp	Kartusche		Lager		Lagerdeckel		**GESAMT**	
	Volumen (cm^3)	Masse (g)	Volumen (cm^3)	Masse (g)	Volumen (cm^3)	Masse (g)	**Volumen (cm^3)**	**Masse (g)**
Antriebsseite (HC6)	78	69	156	139	78	69	**312**	**277**
Nicht-Antriebsseite (HC6)	63	56	121	111	63	56	**247**	**223**
Antriebsseite (HC5)	46	41	92	82	46	41	**184**	**164**
Nicht-Antriebsseite (HC5)	33	29	65	58	33	29	**131**	**116**

1. Entfernen Sie die Wellenscheibe und entsorgen Sie sie (nur Nicht-Antriebsseite)
2. Entfernen Sie den Schmiermittelschleuderring mit Hilfe des Werkzeugs und der Buchse.
3. Entfernen Sie den Sicherungsring (nur Nicht-Antriebsseite).
4. Entfernen Sie das Lager und die Kartuschenbaugruppe mit Hilfe des Werkzeugs und der Buchse von der Hauptläuferwelle.
5. Bereiten Sie das Lager auf die Montage vor, indem Sie folgendes reinigen:

   a. Wischen Sie die antistatische Montagefläche mit Hilfe eines Lösungsmittels auf einem flusenfreien Tuch sauber.

   b. Waschen Sie die Lagerkartusche, den Wellenring und den Lagerdeckel und überprüfen Sie sie auf Verunreinigungen.

   c. Wischen Sie überschüssige Waschlösung mit einem flusenfreien Tuch ab und legen Sie alle Komponenten auf die saubere antistatische Montagefläche.

d. Reinigen Sie die Außenseite der Schmierpistolentülle mit Hilfe eines flusenfreien Tuchs sorgfältig.

6. Bereiten Sie das Lager vor:

   a. Nehmen Sie das Lager aus der Verpackung.

   b. Wischen Sie das Konservierungsöl mit einem flusenfreien Tuch von der Oberfläche der Innen- und Außenringe.

   c. Legen Sie das Lager auf die saubere antistatische Montagefläche, wobei die Identifizierungskennzeichnungen für den Lagertyp nach unten zeigen.

7. Schmieren und montieren Sie die Lagerkomponenten:

   a. Bringen Sie einen neuen O-Ring in der Nut des Lagergehäuses an (nur Nicht-Antriebsseite).

   b. Bringen Sie die vorgegebene Menge Schmiermittel an der Rückseite der Lagerkartusche an.

   c. Bringen Sie eine kleine Menge Schmiermittel an der genuteten Dichtungsfläche in der Kartusche an.

   d. Bringen Sie mit einem fusselfreien Tuch Antischleif-Paste in einer dünnen, gleichmäßigen Schicht im Umkreis des Lagergehäuses auf, ohne sie zu verreiben.

   e. Tragen Sie die halbe Menge des vorgegebenen Schmiermittels auf der Oberseite des Lagers auf (mit Aussparung der Namenskennzeichnungen des Lagers).

   f. Drücken Sie Schmiermittel in das Lager. Achten Sie auf eine gute Ausfüllung der Laufringe und zwischen den Kugeln.

   g. Montieren Sie das Lager in der Lagerkartusche, die geschmierte Seite voran, indem Sie **NUR** auf den Außenring des Lagers drücken. Stellen Sie sicher, dass der äußere Laufring des Lagers die Positionierungsleiste berührt.

   h. Tragen Sie die verbleibende Hälfte des vorgegebenen Schmiermittels auf die freiliegende Seite des Lagers auf.

   i. Drücken Sie Schmiermittel in das Lager. Achten Sie auf eine gute Ausfüllung der Laufringe und zwischen den Kugeln.

   j. Bringen Sie die vorgegebene Menge Schmiermittel an der Innenseite des Lagerdeckels an.

   k. Füllen Sie den Einschub für den Schmiermittelauslauf mit Schmiermittel.

   l. Bringen Sie eine kleine Menge Schmiermittel an der genuteten Dichtungsfläche des Lagerdeckels an.

   m. Füllen Sie die Schmierleitung und den Schmiernippel mit Schmiermittel.

8. Bringen Sie die Lagerkomponenten an:

   a. Expandieren Sie die Lager- und Kartuschenbaugruppe im Induktionsheizer durch Aufheizen auf 90 bis 100 °C.

   b. Schieben Sie die Lager- und Kartuschenbaugruppe über die Läuferwelle und drücken Sie sie dabei fest gegen die Positionierungsleiste.

   c. Drehen Sie die Baugruppe (einschließlich des inneren Laufrings) um 45 Grad in beide Richtungen, um ihren sicheren Sitz zu gewährleisten. Halten Sie das Lager fest, während es abkühlt und sich um die Läuferwelle zieht.

   d. Bringen Sie den Sicherungsring (nur Nicht-Antriebsseite) wieder in der Nut der Hauptläuferwelle an.

e. Expandieren Sie den Schmiermittelschleuderring durch Aufheizen im Induktionsheizer auf 60 °C.

f. Schieben Sie den Schmiermittelschleuderring über die Läuferwelle und drücken Sie sie dabei fest gegen die Lagerbaugruppe. Halten Sie den Schleuderring fest, während er abkühlt und sich um die Läuferwelle zieht.

g. Bringen Sie die Wellenscheibe an (nur Nicht-Antriebsseite)

h. Warten Sie, bis sich Lager- und Kartuschenbaugruppe und Schleuderring auf Umgebungstemperatur abgekühlt haben.

i. Bringen Sie die Lagerabdeckung über dem Fettschleuderring an und befestigen Sie sie an der Lagerkartusche.

9. Tragen Sie den Lagerwechsel in den Service-Bericht ein.

8.2.4.6 Montage der Antriebsseite

1. Bringen Sie eine geeignete Hebevorrichtung an und schieben Sie die Klammer der Antriebsseite auf die Läuferwelle und positionieren Sie sie über der Lagerbaugruppe der Antriebsseite.
2. Heben Sie den Läufer und die Klammer der Antriebsseite mit Hilfe einer Kranseilschlaufe leicht an, um ihr Gewicht abzustützen.
3. Bringen Sie die Klammer an der Antriebsseite wieder am Rahmen an.
4. Refix the DE bearing cartridge to the DE bracket.
5. Befestigen Sie den Lagerdeckel der Antriebsseite wiede.
6. Schließen Sie die Schmierleitung wieder an.
7. Schließen Sie den RTD-Sensor (falls vorhanden) wieder an.
8. Koppeln Sie den Wechselstromgenerator wieder an den Hauptantrieb an.
9. Bringen Sie das Luftauslassgitter und die Klappen der Antriebsseite wieder an.

8.2.4.7 Montage der Nicht-Antriebsseite

HINWEIS
Verlegen Sie die empfindlichen Erregerkontakte und Temperatursensorkontakte mit größter Vorsicht und befestigen Sie sie sicher innerhalb der Klammer an der Nicht-Antriebsseite. Achten Sie darauf, die Kontakte bei der Anbringung der Klammer auf der Nicht-Antriebsseite nicht zu beschädigen.

1. Befestigen Sie die Führungsgewindebolzen in der Lagerkartusche der Nicht-Antriebsseite.
2. Schieben Sie die Klammer der Nicht-Antriebsseite auf die Läuferwelle, geführt durch die Bolzen, und positionieren Sie sie über der Lagermontage der Nicht-Antriebsseite.
3. Heben Sie den Läufer und die Klammer der Nicht-Antriebsseite mit Hilfe einer Kranseilschlaufe leicht an, um ihr Gewicht abzustützen.
4. Entfernen Sie die Stützteile für den Läufer.
5. Bringen Sie die Klammer der Nicht-Antriebsseite am Rahmen an.
6. Entfernen Sie die Führungsbolzen.
7. Befestigen Sie die Lagerkartusche der Nicht-Antriebsseite wieder an der Klammer der Nicht-Antriebsseite.

8. Senken Sie die Kranseilschlaufen vorsichtig ab, um das Läufergewicht auf das Lager zu setzen, und entfernen Sie die Schlaufe.
9. Drehen Sie den Läufer von Hand, um die Lagerausrichtung und die freie Drehung zu überprüfen.
10. Bringen Sie den Lagerdeckel der Nicht-Antriebsseite wieder an.
11. Bringen Sie den PMG-Läufer und den PMG-Ständer wieder an.
12. Schließen Sie den Stecker für das Steuerkabel wieder an.
13. Schließen Sie die Schmierleitung wieder an.
14. Schließen Sie den RTD-Sensor (falls vorhanden) wieder an.
15. Sichern Sie die Kontakte für Heizung und Erregerständer im Wechselstromgenerator mit hitzebeständigen Kabelbindern.
16. Sichern Sie die Kontakte mit Kabelbindern an den Hauptständerkontakten und schließen Sie sie wieder am AVR an.
17. Bringen Sie die PMG-Abdeckung und die untere Lufteinlassabdeckung wieder an.
18. Bringen Sie die Seitenplatte und den Deckel des Anschlusskastens wieder an.
19. Schließen Sie die Versorgung der Stillstandsheizung (falls vorhanden) wieder an.

8.3 Bedienelemente

8.3.1 Einleitung

Ein in Betrieb befindlicher Wechselstromgenerator ist eine ungünstige Umgebung für Steuerkomponenten. Hitze und Schwingungen können bewirken, dass sich elektrische Verbindungen lösen und Kabel defekt werden. Eine routinemäßige Inspektion und Tests können ein Problem identifzieren, bevor es einen Ausfall verursacht, der ungeplante Stillstandzeiten mit sich bringt.

8.3.2 Sicherheit

⚠ GEFAHR

Spannungsführende elektrische Leiter

Spannungsführende elektrische Leiter können zu schweren Verletzungen durch Stromschlag und Verbrennungen führen.

Trennen Sie den Generatorsatz zum Schutz vor Verletzungen von allen Energiequellen, lassen Sie gespeicherte Energie ab und sichern Sie den Generatorsatz mittels entsprechender Verriegelungen/Kennzeichnungen, bevor Sie Schutzabdeckungen über elektrischen Leitern entfernen.

8.3.3 Anforderungen

Persönliche Schutzausrüstung (PSA)	Tragen Sie die am Standort vorgeschriebene PSA
Verbrauchsstoffe	Keine
Teile	Keine
Werkzeug	Multimeter
	Drehmomentschlüssel

8.3.4 Inspektion und Test

1. Entfernen Sie den Deckel des Anschlusskastens
2. Überprüfen Sie, ob die Befestigungen fest sitzen, die die Lastkabel sichern.
3. Überprüfen Sie, ob die Kabel fest an der Anschlusskastendurchführung befestigt sind, und lassen Sie ±25 mm Spiel durch einen Wechselstromgenerator auf Antivibrationshalterungen zu.
4. Überprüfen Sie, ob alle Kabel im Anschlusskasten fest verankert und keinem Zug ausgesetzt sind.
5. Überprüfen Sie alle Kabel auf Anzeichen von Beschädigungen.
6. Überprüfen Sie, ob das AVR-Zubehör und die Stromtransformatoren korrekt sitzen und die Kabel mittig durch die Stromtransformatoren verlaufen.
7. Wenn ein Anti-Kondensationsheizer installiert ist
   a. Trennen Sie die Stromversorgung und messen Sie den elektrischen Widerstand der Heizerelemente. Tauschen Sie Heizerelemente aus, wenn eine Unterbrechung vorliegt.
   b. Testen Sie die Versorgungsspannung der Stillstandsheizungen am Anschlusskasten der Heizung. Bei angehaltenem Wechselstromgenerator sollten (abhängig von der Kartuschenoption und auf einem Aufkleber angegeben) 120 VAC oder 240 VAC anliegen.
8. Überprüfen Sie, ob der AVR und das AVR-Zubehör im Anschlusskasten sauber sind, sicher auf Antivirbrationsmontagen angebracht sind und die Kabelanschlüsse fest an den Klemmen sitzen.
9. Überprüfen Sie für den Parallelbetrieb, ob die Kabel für die Synchronisierungssteuerung sicher angeschlossen sind.
10. Bringen Sie den Deckel des Anschlusskastens wieder an und sichern Sie ihn.

8.4 Kühlsystem

8.4.1 Einleitung

Stamford-Wechselstromgeneratoren wurden den Standards der EU-Sicherheitsrichtlinien entsprechend entwickelt und sind auf die Wirkung der Betriebstemperatur auf die Wicklungsisolierung ausgelegt.

BS EN 60085 (≡ IEC 60085) Elektrische Isolierung – Thermische Bewertung und Bezeichnung klassifiziert die Isolierung nach der maximalen Betriebstemperatur für eine angemessene Lebensdauer. Obwohl auch chemische Verunreinigungen und elektrische und mechanische Belastungen beitragen, ist die Temperatur der Hauptalterungsfaktor. Eine Gebläsekühlung sorgt für eine stabile Betriebstemperatur unter dem Grenzwert der Isolierungsklasse.

Falls sich die Betriebsumgebung von den auf dem Typenschild angegebenen Werten unterscheidet, muss die Nennausgangsleistung wie folgt reduziert werden

- 3 % für eine Isolierung Klasse H pro 5 °C, die die Temperatur der in das Kühlgebläse eintretenden Umgebungsluft 40 °C überschreitet, bis zu einem Maximum von 60 °C
- 3 % pro 500 m Höhenanstieg über 1000 m bis zu 4000 m aufgrund der verringerten thermischen Kapazität von Luft mit geringerer Dichte, und
- 5 %, wenn Luftfilter montiert sind, weil der Luftstrom eingeschränkt ist.

Eine effiziente Kühlung ist davon abhängig, das Kühlgebläse, die Luftfilter und die Dichtungen in gutem Zustand zu halten.

8.4.2 Sicherheit

⚠ GEFAHR
Mechanisch rotierende Teile **Mechanisch rotierende Bauteile können zu schweren Verletzungen oder Tod durch Quetschen, Abschneiden oder Fangen führen.** **Trennen Sie den Generatorsatz zum Schutz vor Verletzungen von allen Energiequellen, lassen Sie gespeicherte Energie ab und sichern Sie den Generatorsatz mittels entsprechender Verriegelungen/Kennzeichnungen, bevor Sie Schutzabdeckungen über rotierenden Bauteilen entfernen.**

⚠ ACHTUNG
Heiße Oberflächen **Der Kontakt mit heißen Oberflächen kann zu schweren Verbrennungen führen.** **Tragen Sie eine geeignete Persönliche Schutzausrüstung (PSA), um Verletzungen vorzubeugen.**

⚠ VORSICHT
Staub **Das Einatmen von Staub kann zu leichten bis mittelschweren Verletzungen durch Reizung der Lungen führen. Staub kann zu leichten bis mittelschweren Verletzungen durch Reizung der Augen führen.** **Tragen Sie eine geeignete Persönliche Schutzausrüstung (PSA), um Verletzungen vorzubeugen. Lüften Sie den Bereich, um Staub abzuführen.**

HINWEIS
Den Wechselstromgeneratorläufer nicht mit dem Lüfterrad verdrehen. Der Lüfter hält solchen Kräften nicht stand und wird dadurch beschädigt.

HINWEIS
Filter sind darauf ausgelegt, Staub zu entfernen, keine Feuchtigkeit. Feuchte Filterelemente können einen reduzierten Luftstrom und ein Überheizen verursachen. Sorgen Sie dafür, dass Filterelemente nicht feucht werden.

8.4.3 Anforderungen

Persönliche Schutzausrüstung (PSA)	Tragen Sie die am Standort vorgeschriebene PSA
	Tragen Sie Schutzbrille und Gehörschutz
	Tragen Sie Atemschutzausrüstung
Verbrauchsstoffe	Flusenfreie Reinigungstücher
	Dünne Einmalhandschuhe
Teile	Luftfilter (falls eingebaut)
	Luftfilterdichtungen (falls eingebaut)
Werkzeug	Keines

8.4.4 Inspektion und Reinigung

HINWEIS
Ein Sensor erkennt den durch blockierte Filter verursachten Differenzialdruck. Wenn der Sensor auslöst, überprüfen und reinigen Sie die Luftfilter häufiger.

1. Entfernen Sie das Gebläsegitter.
2. Überprüfen Sie das Gebläse auf beschädigte Schaufeln und Sprünge.
3. Entfernen Sie die Luftfilter (am Gebläse und am Anschlusskasten, falls vorhanden) aus ihren Rahmen.
4. Waschen und trocknen Sie die Luftfilter und Dichtungen, um Schmutzpartikel zu entfernen.
5. Überprüfen Sie die Filter und die Dichtungen auf Beschädigungen und tauschen Sie sie gegebenenfalls aus.
6. Bringen Sie die Filter und die Dichtungen an.
7. Bringen Sie das Gebläsegitter wieder an.
8. Bereiten Sie den Generatorsatz auf die Wiederinbetriebsetzung vor.
9. Achten Sie darauf, dass Lufteinlässe und -auslässe nicht blockiert sind.

8.5 Kupplung

8.5.1 Einleitung

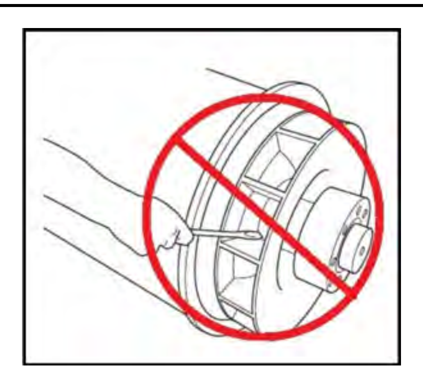
Einwandfreie Funktion und lange Lebensdauer der Bauteile sind von der mechanischen Beanspruchung des Wechselstromgenerators abhängig, die möglichst gering sein sollte. Bei der Verkupplung zu einem Generatorsatz können Fluchtungsfehler und Schwingungen des Hauptantriebsmotors zu mechanischer Beanspruchung führen.

Die Rotationsachsen des Generatorrotors und der Motorausgangswelle müssen gleichachsig (radiale und winklige Ausrichtung) sein.

Torsionsschwingungen können wellenbetriebene Systeme mit internem Verbrennungsmotor beschädigen, wenn sie nicht kontrolliert werden. Der Hersteller des Generatorsatzes muss die Wirkung von Torsionsschwingungen auf den Wechselstromgenerator abschätzen: Läufermaße und -trägheit sowie Kupplungsdaten sind auf Anforderung erhältlich.

8.5.2 Sicherheit

HINWEIS
Den Wechselstromgeneratorläufer nicht mit dem Lüfterrad verdrehen. Der Lüfter hält solchen Kräften nicht stand und wird dadurch beschädigt.



8.5.3 Anforderungen

Persönliche Schutzausrüstung (PSA)	Tragen Sie die am Standort vorgeschriebene PSA
Verbrauchsstoffe	Keine
Teile	Keine
Werkzeug	Messuhr
	Drehmomentschlüssel

8.5.4 Überprüfen der Montagepunkte

1. Überprüfen Sie, ob sich die Bodenplatte und die Anlageflächen des Generatorsatzes in einem guten Zustand befinden und keine Risse aufweisen
2. Überprüfen Sie, ob der Gummi in den Antivibrationsmontagen porös ist
3. Überprüfen Sie die Verlaufsaufzeichnungen für die Vibrationsmontage auf eine zunehmende Schwingungstendenz

8.5.4.1 Einlager-Kupplung

1. Entfernen Sie das Adaptergitter und die Abdeckung auf der Antriebsseite, um Zugriff auf die Kupplung zu erhalten
2. Überprüfen Sie, ob die Kupplungsscheiben beschädigt sind, Risse oder Verformungen aufweisen, und ob die Löcher der Kupplungsscheibe ausgeschlagen sind. Falls Beschädigungen vorliegen, tauschen Sie den kompletten Scheibensatz aus.
3. Überprüfen Sie die Festigkeit der Schrauben, mit denen die Kupplungsscheiben am Motorschwungrad befestigt sind. Ziehen Sie sie in der Reihenfolge an, wie für die Wechselstromgeneratorkopplung im Kapitel Installation beschrieben, und mit einem Drehmoment, wie vom Motorhersteller empfohlen.
4. Bringen Sie das Adaptergitter und die tropfsichere Abdeckung auf der Antriebsseite wieder an.

8.6 Gleichrichtersystem

8.6.1 Einleitung

Der Gleichrichter wandelt Wechselstrom (AC), der in den Erregerläuferwicklungen induziert wird, in Gleichstrom (DC) um, um die Hauptläuferpole zu magnetisieren. Der Gleichrichter besteht aus zwei halbkreisförmigen Plus- und Minusplatten mit je drei Dioden. Der DC-Ausgang des Gleichrichters ist neben dem Hauptläufer auch mit einem Varistor verbunden. Der Varistor schützt den Gleichrichter vor Spannungsspitzen und Überspannungen, die unter bestimmten Ladebedingungen des Wechselstromgenerators am Läufer auftreten können.

Dioden bieten nur in einer Richtung einen geringen Stromwiderstand: Positiver Strom fließt von der Anode zur Kathode, oder anders ausgedrückt, negativer Strom fließt von der Kathode zur Anode.

Die Erregerläuferwicklungen sind an 3 Diodenanoden angeschlossen, die die Plusplatte bilden, und an 3 Diodenkathoden, die die Minusplatte zu bilden, um für eine vollständige Wellengleichrichtung von AC zu DC zu sorgen. Der Gleichrichter ist auf dem Erregerläufer auf der Nicht-Antriebsseite moniert und dreht sich mit diesem.

8.6.2 Sicherheit

8.6.3 Anforderungen

Typ	Beschreibung
Persönliche Schutzausrüstung (PSA)	Tragen Sie geeignete PSA.
Verbrauchsstoffe	Loctite 241 Gewindesicherung
	Midland Silikon-Wärmeableitpaste Typ MS2623 oder äquivalent
Teile	Kompletter Satz mit drei Anodenkontakt-Dioden und drei Kathodenkontakt-Dioden (alle vom selben Hersteller)
	Ein Metalloxid-Varistor
Werkzeuge	Multimeter
	Isolationsprüfer
	Drehmomentschlüssel

8.6.4 Varistor testen und austauschen

1. Überprüfen Sie den Varistor.
2. Kennzeichnen Sie den Varistor als defekt, wenn es Anzeichen für Überhitzung (Farbverblassung, Blasen, geschmolzene Stellen) oder Auflösung gibt.
3. Trennen Sie einen Varistorkontakt. Bewahren Sie die Befestigungen und Unterlegscheiben auf.
4. Messen Sie den Widerstand über den Varistor. Fehlerfreie Varistoren haben einen Widerstand höher 100 MΩ.
5. Kennzeichnen Sie den Varistor als defekt, wenn der Widerstand in eine Richtung kurzgeschlossen oder unterbrochen ist.
6. Falls der Varistor defekt ist, tauschen Sie den Varistor sowie alle Dioden aus.
7. Schließen Sie ihn wieder an und stellen Sie sicher, dass alle Kontakte fest sitzen, die Unterlegscheiben angebracht und die Befestigungen angezogen sind.

8.6.5 Dioden testen und austauschen

HINWEIS
Ziehen Sie eine Diode nicht mit einem höheren Drehmoment als vorgegeben an. Die Diode wird sonst beschädigt.

1. Trennen Sie den Kontakt einer Diode, wo sie an der isolierten Anschlussklemme in die Wicklungen eintritt. Bewahren Sie die Befestigungen und Unterlegscheiben auf.
2. Messen Sie den Spannungsabfall über die Diode in Vorwärtsrichtung. Verwenden Sie dazu die Diodentestfunktion eines Multimeters.
3. Messen Sie den Widerstand über die Diode in umgekehrter Richtung. Verwenden Sie dazu die 1000-$_{VDC}$-Testspannung eines Isolationsprüfers.
4. Die Diode ist defekt, wenn der Spannungsabfall in Vorwärtsrichtung nicht in einem Bereich von 0,3 bis 0,9 V liegt oder der Widerstand in umgekehrter Richtung kleiner als 20 MΩ ist.
5. Wiederholen Sie die Tests für die restlichen fünf Dioden.
6. Falls eine Diode defekt ist, tauschen Sie den kompletten Satz mit sechs Dioden aus (selber Typ, selber Hersteller):
   a. Entfernen Sie die Diode(n).
   b. Tragen Sie eine kleine Menge Wärmeableitpaste **nur** auf die Basis der Austauschdioden auf, nicht auf die Gewinde.
   c. Überprüfen Sie die Polarität der Diode(n).
   d. Schrauben Sie alle Austauschdioden in eine Gewindebohrung auf der Gleichrichterplatte.
   e. Wenden Sie ein Drehmoment von 4,06 bis 4,74 Nm (36 bis 42 lb in) an, um einen ausreichenden mechanischen, elektrischen und thermischen Kontakt herzustellen.
   f. Tauschen Sie den Varistor aus.
7. Stellen Sie den Anschluss wieder her und überprüfen Sie, ob alle Kontakte fest sitzen, die Unterlegscheiben angebracht und die Befestigungen angezogen sind.

8.7 Temperatursensoren

8.7.1 Einleitung

Stamford-Wechselstromgeneratoren wurden den Standards der EU-Sicherheitsrichtlinien entsprechend entwickelt und auf die empfohlenen Betriebstemperaturen ausgelegt. Temperatursensoren (falls angebracht) erkennen eine unübliche Überheizung der Hauptständerwicklungen und Lager. Es gibt zwei Sensortypen, RTD-Sensoren (Resistance Temperature Detector) mit drei Drähten, und PTC-Thermistoren (Positive Temperature Coefficient) mit zwei Drähten, die an einen Klemmenblock im Hilfs- oder Hauptanschlusskasten angeschlossen werden. Der Widerstand von Platin-RTD-Sensoren (PT100) RTD nimmt linear mit der Temperatur zu.

TABELLE 10. WIDERSTAND (Ω) DES PT100-SENSORS ZWISCHEN 40 UND 180 °C

Temperatur (°C)		+1 °C	+ 2 °C	+3 °C	+ 4 °C	+ 5 °C	+ 6 °C	+ 7 °C	+ 8 °C	+ 9 °C
40.00	115,54	115,93	116,31	116,70	117,08	117,47	117,86	118,24	118,63	119,01
50,00	119,40	119,78	120,17	120,55	120,94	121,32	121,71	122,09	122,47	122,86
60,00	123,24	123,63	124,01	124,39	124,78	125,16	125,54	125,93	126,31	126,69
70,00	127,08	127,46	127,84	128,22	128,61	128,99	129,37	129,75	130,13	130,52
80,00	130,90	131,28	131,66	132,04	132,42	132,80	133,18	133,57	133,95	134,33
90,00	134,71	135,09	135,47	135,85	136,23	136,61	136,99	137,37	137,75	138,13
100,00	138,51	138,88	139,26	139,64	140,02	140,40	140,78	141,16	141,54	141,91
110,00	142,29	142,67	143,05	143,43	143,80	144,18	144,56	144,94	145,31	145,69
120,00	146,07	146,44	146,82	147,20	147,57	147,95	148,33	148,70	149,08	149,46
130,00	149,83	150,21	150,58	150,96	151,33	151,71	152,08	152,46	152,83	153,21
140,00	153,58	153,96	154,33	154,71	155,08	155,46	155,83	156,20	156,58	156,95
150,00	157,33	157,70	158,07	158,45	158,82	159,19	159,56	159,94	160,31	160,68
160,00	161,05	161,43	161,80	162,17	162,54	162,91	163,29	163,66	164,03	164,40
170,00	164,77	165,14	165,51	165,89	166,26	166,63	167,00	167,37	167,74	168,11
180,00	168,48									

PTC-Thermistoren zeichnen sich durch einen plötzlichen Widerstandsanstieg bei einer Referenztemperatur („Schalttemperatur“) aus. Der Anschluss einer vom Kunden bereitgestellten externen Ausrüstung ist möglich, um die Sensoren zu überwachen und Signale zu generieren, die einen Alarm auslösen und den Generatorsatz abschalten.

BS EN 60085 (≡ IEC 60085) Elektrische Isolierung – Thermische Bewertung und Bezeichnung klassifiziert die Isolierung von Wicklungen nach der maximalen Betriebstemperatur für eine angemessene Lebensdauer. Um eine Beschädigung der Wicklungen zu vermeiden, sollten die Signale der auf dem Typenschild des Wechselstromgenerators angegebenen Isolationsklasse entsprechend eingestellt werden.

TABELLE 11. EINSTELLUNG DER ALARM- UND ABSCHALTTEMPERATUREN FÜR WICKLUNGEN

Wicklungsisolierung	Max. Dauertemperatur (°C)	Alarmtemperatur (°C)	Abschalttemperatur (°C)
Klasse B	130	120	140
Klasse F	155	145	165
Klasse H	180	170	190

Um eine Überhitzung der Lager zu vermeiden, sollten die Steuersignale der folgenden Tabelle entsprechend eingestellt werden.

TABELLE 12. EINSTELLUNG DER ALARM- UND ABSCHALTTEMPERATUREN FÜR LAGER

Lager	Alarmtemperatur (°C)	Abschalttemperatur (°C)
Lager, Antriebsseite	45 + maximale Umgebungstemperatur	50 + maximale Umgebungstemperatur
Lager, Nichtantriebsseite	40 + maximale Umgebungstemperatur	45 + maximale Umgebungstemperatur

8.7.2 Sicherheit

⚠ GEFAHR

Spannungsführende elektrische Leiter

Spannungsführende elektrische Leiter können zu schweren Verletzungen durch Stromschlag und Verbrennungen führen.

Trennen Sie den Generatorsatz zum Schutz vor Verletzungen von allen Energiequellen, lassen Sie gespeicherte Energie ab und sichern Sie den Generatorsatz mittels entsprechender Verriegelungen/Kennzeichnungen, bevor Sie Schutzabdeckungen über elektrischen Leitern entfernen.

⚠ ACHTUNG

Heiße Oberflächen

Der Kontakt mit heißen Oberflächen kann zu schweren Verbrennungen führen.

Tragen Sie eine geeignete Persönliche Schutzausrüstung (PSA), um Verletzungen vorzubeugen.

8.7.3 Testen der RTD-Temperatursensoren

1. Entfernen Sie die Abdeckung des Hilfsanschlusskastens.
2. Identifizieren Sie die Sensorkontakte am Klemmenblock und die Einbaustellen der Sensoren
3. Messen Sie den Widerstand zwischen dem weißen und jedem roten Draht eines Sensors
4. Berechnen Sie aus dem gemessenen Widerstand die Sensortemperatur
5. Vergleichen Sie die berechnete Temperatur mit der von der externen Überwachungsausrüstung angezeigten Temperatur (falls vorhanden)
6. Vergleichen Sie die Alarm- und Abschalteinstellungen (falls vorhanden) mit den empfohlenen Einstellungen
7. Wiederholen Sie die Schritte 3 bis 7 für jeden Sensor
8. Bringen Sie die Abdeckung des Hilfsanschlusskastens wieder an.
9. Wenden Sie sich an die Kundendienst-Hotline von Cummins, falls defekte Sensoren ausgetauscht werden müssen.

8.7.4 Testen der PTC-Temperatursensoren

1. Entfernen Sie die Abdeckung des Hilfsanschlusskastens.
2. Identifizieren Sie die Kontakte am Klemmenblock und die Einbauposition jedes Sensors.
3. Messen Sie den Widerstand zwischen den beiden Drähten.
4. Der Sensor ist defekt, wenn der Widerstand einen offenen Schaltkreis (Ω unendlich) oder einen Kurzschluss (Ω Null) anzeigt.
5. Wiederholen Sie die Schritte 3 bis 5 für jeden Sensor.
6. Schalten Sie den Wechselstromgenerator ab und überprüfen Sie die Änderung des Widerstands bei abgekühlter Ständerwicklung.
7. Der Sensor ist defekt, wenn sich der Widerstand nicht ändert, oder die Änderung nicht gleichmäßig stattfindet.
8. Wiederholen Sie Schritt 8 für jeden Sensor.

9. Bringen Sie die Abdeckung des Hilfsanschlusskastens wieder an.
10. Wenden Sie sich an die Kundendienst-Hotline von Cummins, falls defekte Sensoren ausgetauscht werden müssen.

8.8 Wicklungen

8.8.1 Einleitung

HINWEIS
Trennen Sie vor der Prüfung alle Steuerleitungen und kundenspezifischen Lastkabel von den Wicklungsanschlüssen des Wechselstromgenerators ab.

HINWEIS
Der AVR (Automatic Voltage Regulator) enthält elektronische Komponenten, die bei der Anlegung von Hochspannung bei Isolationswiderstandstests beschädigt würden. Der AVR muss abgetrennt werden, bevor Isolationswiderstandstests durchgeführt werden. Die Temperatursensoren müssen geerdet werden, bevor Isolationswiderstandstests durchgeführt werden. **Feuchte oder verschmutzte Wicklungen haben einen geringeren elektrischen Widerstand und könnten bei Isolationswiderstandstests mit Hochspannung beschädigt werden. Testen Sie im Zweifelsfall den Widerstand zuerst mit Niederspannung (500 V).**

Die Leistung des Generators ist von einer guten elektrischen Isolierung der Wicklungen abhängig. Elektrische, mechanische und thermische Belastungen sowie chemische und umgebungsbedingte Verunreinigungen verschlechtern die Isolierung. Verschiedene Diagnosetests zeigen den Zustand der Isolierung auf. Dazu werden eine Testspannung an isolierte Wicklungen angelegt, der Stromfluss gemessen und der elektrische Widerstand nach dem Ohmschen Gesetz berechnet.

Wenn zuerst eine DC-Testspannung angelegt wird, können drei Ströme fließen:

- **Kapazitiver Strom:** zur Ladung der Wicklung auf Testspannung (fällt innerhalb von Sekunden auf Null)
- **Polarisationsstrom:** zur Ausrichtung der Isolierungsmoleküle gemäß dem angelegten elektrischen Feld (fällt innerhalb von Minuten auf annähernd Null ab), und
- **Kriechstrom:** Entladung auf Masse, wo der Isolationswiderstand durch Feuchtigkeit und Verunreinigung verschlechtert ist (steigt innerhalb von Sekunden auf einen konstanten Wert)

Für einen Isolationswiderstandstest erfolgt eine einzige Messung eine Minute nach Anlegen einer DC-Testspannung, nachdem der kapazitive Strom abgeklungen ist. Für einen Polarisationsindextest erfolgt eine zweite Messung nach zehn Minuten. Ein akzeptables Ergebnis liegt vor, wenn die zweite Isolationswiderstandsmessung einen mindestens doppelt so hohen Wert wie die erste erbringt, weil der Polarisationsstrom abgefallen ist. Bei einer schlechten Isolierung, wo der Kriechstrom dominiert, sind die beiden Werte ähnlich. Ein spezielles Isolationstestgerät nimmt präzise, zuverlässige Messungen und kann einige Tests automatisieren.

8.8.2 Sicherheit

⚠ GEFAHR
Spannungsführende elektrische Leiter **Spannungsführende elektrische Leiter können zu schweren Verletzungen durch Stromschlag und Verbrennungen führen.** **Trennen Sie den Generatorsatz zum Schutz vor Verletzungen von allen Energiequellen, lassen Sie gespeicherte Energie ab und sichern Sie den Generatorsatz mittels entsprechender Verriegelungen/Kennzeichnungen, bevor Sie Schutzabdeckungen über elektrischen Leitern entfernen.**

⚠ ACHTUNG
Spannungsführende elektrische Leiter **Spannungsführende Leiter an den Wicklungsanschlüssen nach einer Prüfung des Isolationswiderstands können zu schweren Verletzungen oder Tod durch Stromschlag oder Verbrennungen führen.** **Um Verletzungen vorzubeugen, Wicklungen mindestens 5 Minuten lang durch Erdschluss über einen Erdungsstab entladen.**

8.8.3 Anforderungen

Typ	Beschreibung
Persönliche Schutzausrüstung (PSA)	Tragen Sie die am Standort vorgeschriebene PSA
Verbrauchsstoffe	Keine
Teile	Keine
Werkzeuge	Isolationsprüfer
	Multimeter
	Milliohm-Messgerät oder Mikro-Ohmmeter
	Kemm-Amperemeter
	Infrarotthermometer

8.8.4 Testen des elektrischen Widerstands der Wicklungen

1. Halten Sie den Wechselstromgenerator an.
2. Überprüfen Sie den elektrischen Widerstand der Erregerfeldwicklung (Ständer):
   a. Trennen Sie die Erregerfeldkontakte F1 und F2 vom AVR.
   b. Messen Sie den elektrischen Widerstand zwischen F1 und F2 mit einem Multimeter und schreiben Sie den Wert auf.
   c. Schließen Sie die Erregerfeldkontakte F1 und F2 wieder an den AVR an.
   d. Stellen Sie sicher, dass die Befestigungselemente fest sitzen.
3. Überprüfen Sie den elektrischen Widerstand der Erregerankerwicklung (Läufer):
   a. Kennzeichnen Sie die an den Dioden an einer der beiden Gleichrichterplatten angebrachten Kontakte.
   b. Trennen Sie alle Erregerläuferkontakte von allen Dioden am Gleichrichter.
   c. Messen Sie den elektrischen Widerstand paarweise zwischen den gekennzeichneten Kontakten (zwischen Phasenwicklungen) und schreiben Sie den Wert auf. Dazu muss ein spezielles Mikro-Ohmmeter verwendet werden.

   d. Schließen Sie alle Erregerläuferkontakte wieder an die Dioden an.
   e. Stellen Sie sicher, dass die Befestigungselemente fest sitzen.
4. Überprüfen Sie den elektrischen Widerstand der Hauptfeldwicklung (Läufer):
   a. Trennen Sie die beiden Gleichstromkontakte des Hauptläufers von den Gleichrichterplatten.
   b. Messen Sie den elektrischen Widerstand zwischen den Hauptläuferkontakten und schreiben Sie den Wert auf. Dazu muss ein spezielles Mikro-Ohmmeter verwendet werden.
   c. Bringen Sie die beiden Gleichstromkontakte des Hauptläufers wieder an den Gleichrichterplatten an.
   d. Stellen Sie sicher, dass die Befestigungselemente fest sitzen.
5. Überprüfen Sie den elektrischen Widerstand der Hauptankerwicklung (Ständer):
   a. Trennen Sie alle Sternpunktkontakte des Hauptständers von der Neutralklemme des Ausgangs.
   b. Schließen Sie alle U-Phasen-Sternpunktkontakte zusammen.
   c. Messen Sie den elektrischen Widerstand zwischen den verbundenen U-Phasen-Sternpunktkontakten und der U-Phasen-Ausgangsklemme und schreiben Sie den Wert auf. Dazu muss ein spezielles Mikro-Ohmmeter verwendet werden.
   d. Schließen Sie alle V-Phasen-Sternpunktkontakte zusammen.
   e. Messen Sie den elektrischen Widerstand zwischen den verbundenen U-Phasen-Sternpunktkontakten und der V-Phasen-Ausgangsklemme und schreiben Sie den Wert auf. Dazu muss ein spezielles Mikro-Ohmmeter verwendet werden.
   f. Schließen Sie alle W-Phasen-Sternpunktkontakte zusammen.
   g. Messen Sie den elektrischen Widerstand zwischen den verbundenen U-Phasen-Sternpunktkontakten und der W-Phasen-Ausgangsklemme und schreiben Sie den Wert auf. Dazu muss ein spezielles Mikro-Ohmmeter verwendet werden.
   h. Schließen Sie alle Sternpunktkontakte des Hauptständers wieder wie zuvor an die Neutralklemme des Ausgangs an.
   i. Stellen Sie sicher, dass die Befestigungselemente fest sitzen.
6. Überprüfen Sie den elektrischen Widerstand der PMG-Ankerwicklung (Ständer), falls vorhanden:
   a. Trennen Sie die drei PMG-Ausgangskontakte P2, P3 und P4 vom AVR.
   b. Messen Sie den elektrischen Widerstand paarweise zwischen den PMG-Ausgangskontakten mit einem Multimeter und schreiben Sie den Wert auf.
   c. Schließen Sie die drei PMG-Ausgangskontakte P2, P3 und P4 wieder an den AVR an.
   d. Stellen Sie sicher, dass die Befestigungselemente fest sitzen.
7. Überprüfen Sie anhand der technischen Daten (**Kapitel 12 auf Seite 113**), um die gemessenen Widerstände aller Wicklungen mit den Referenzwerten übereinstimmen.

8.8.5 Testen des Isolationswiderstands der Wicklungen

TABELLE 13. TESTSPANNUNG UND MINIMALER AKZEPTABLER ISOLATIONSWIDERSTAND FÜR NEUE UND IN BETRIEB BEFINDLICHE WECHSELSTROMGENERATOREN

	Test Spannung (V)	Minimaler Isolationswiderstand nach 1 Minute (MΩ)	
		Neu	In Betrieb befindlich
Hauptständer	500	10	5
PMG-Ständer	500	5	3
Erregerständer	500	10	5
Erregerläufer, Gleichrichter und Hauptläufer in Kombination	500	10	5

1. Überprüfen Sie die Wicklungen auf mechanische Beschädigungen oder Farbverblassung durch Überhitzung. Reinigen Sie die Isolierung, falls sich dort hygroskopischer Staub und Schmutz abgelagert haben.
2. Für die Hauptständer:
   a. Trennen Sie den Null/Erde-Leiter (falls vorhanden).
   b. Schließen Sie die drei Kontakte aller Phasenwicklungen zusammen (falls möglich).
   c. Wenden Sie die Testspannung aus der Tabelle zwischen allen Phasenkontakten und Masse an.
   d. Messen Sie den Isolationswiderstand nach 1 Minute (IR_{1min}).
   e. Leiten Sie die Testspannung fünf Minuten lang über einen Erdungsstab ab.
   f. Falls der gemessene Isolationswiderstand kleiner als der minimale akzeptable Wert ist, trocknen Sie die Isolierung und wiederholen die Methode.
   g. Schließen Sie den Null/Erde-Leiter (falls vorhanden) wieder an.
3. Für PMG- und Erregerständer und eine Kombination aus Erreger- und Hauptläufer:
   a. Verbinden Sie beide Enden der Wicklung (falls möglich).
   b. Legen Sie die Testspannung aus der Tabelle zwischen der Wicklung und Masse an.
   c. Messen Sie den Isolationswiderstand nach 1 Minute (IR_{1min}).
   d. Leiten Sie die Testspannung fünf Minuten lang über einen Erdungsstab ab.
   e. Falls der gemessene Isolationswiderstand kleiner als der minimale akzeptable Wert ist, trocknen Sie die Isolierung und wiederholen die Methode.
   f. Wiederholen Sie die Methode für jede Wicklung.
   g. Entfernen Sie die für den Test vorgenommenen Verbindungen.

8.8.6 Trocknen der Isolierung

Wenden Sie die folgenden Methoden an, um die Isolierung der Hauptständerwicklungen zu trocknen. Um Beschädigungen zu vermeiden, wenn Wasserdampf aus der Isolierung ausgestoßen wird, achten Sie darauf, dass die Wicklungstemperatur nicht um mehr als 5 °C pro Stunde ansteigt und 90 °C nicht übersteigt.

Zeichnen Sie den Graphen für den Isolaitonswiderstand, um zu zeigen, wann der Trocknungsvorgang abgeschlossen ist.

8.8.6.1 Trocknen mit Umgebungsluft

In vielen Fällen kann der Wechselstromgenerator bereits ausreichend über sein eigenes Kühlsystem getrocknet werden. Trennen Sie die Kabel von den Klemmen X+ (F1) und XX- (F2) des AVR, sodass der Erregerständer nicht mit Erregerspannung versorgt wird. Betreiben Sie den Generatorsatz in diesem unerregten Zustand. Die Luft muss frei durch den Wechselstromgenerator strömen, um die Feuchtigkeit zu entfernen. Schalten Sie die Stillstandsheizer ein (falls vorhanden), um die Trocknungswirkung des Luftstroms zu unterstützen.

Nach Abschluss des Trocknungsvorgangs schließen Sie die Kabel zwischen dem Erregerständer und dem AVR wieder an. Falls der Generatorsatz nicht sofort wieder in Betrieb genommen wird, schalten Sie vor der Inbetriebnahme den Stillstandsheizer ein (falls vorhanden) und testen den Isolationswiderstand erneut.

8.8.6.2 Trocknen mit Heißluft

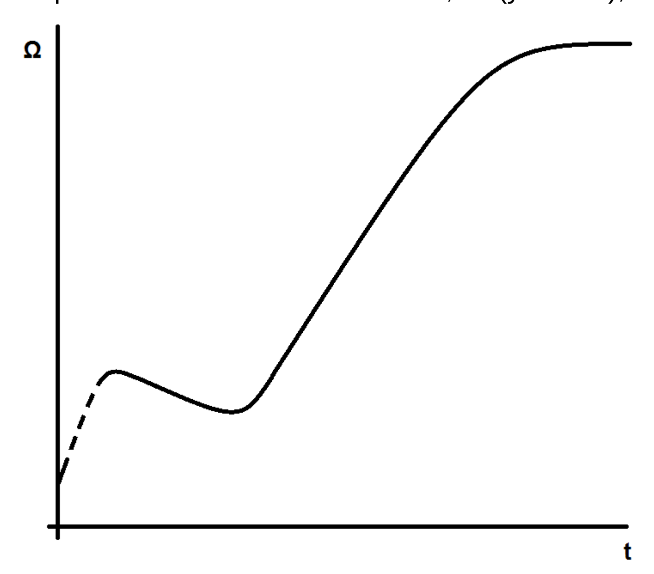
Leiten Sie dazu mit Hilfe von einem oder zwei elektrischen Heizlüftern mit einer Leistung zwischen 1 und 3 kW Heißluft in die Lufteinlassöffnungen des Wechselstromgenerators. Sorgen Sie für einen Mindestabstand von 300 mm zwischen Wärmequelle und Generatorwicklungen, um Sengschäden oder eine Überhitzung und Beschädigung der Isolierung zu vermeiden. Die Luft muss frei durch den Wechselstromgenerator strömen, um die Feuchtigkeit zu entfernen.

Entfernen Sie die Heizlüfter und nehmen Sie den Generatorbetrieb wieder auf.

Falls der Generatorsatz nicht sofort wieder in Betrieb genommen wird, schalten Sie vor der Inbetriebnahme die Stillstandsheizer ein (falls vorhanden) und testen den Isolationswiderstand erneut.

8.8.6.3 Ausgabe eines IR-Graphen

Unabhängig davon, welche Methode für die Trocknung des Wechselstromgenerators verwendet wird, messen Sie den Isolationswiderstand und die Temperatur (falls Sensoren angebracht sind) der Hauptständerwicklungen alle 15 bis 30 Minute. Zeichnen Sie einen Graphen des Isolationswiderstands, IR (y-Achse), bezüglich der Zeit, t (x-Achse).



Eine typische Kurve zeigt einen anfänglichen Anstieg des Widerstands, einen Abfall und dann einen schrittweisen Anstieg bis zu einem stabilen Zustand; wenn die Wicklungen nur leicht feucht sind, wird der gestrichelt dargestellte Teil der Kurve möglicherweise nicht erzeugt. Setzen Sie die Trocknung eine Stunde fort, nachdem der stabile Zustand erreicht ist.

HINWEIS
Der Wechselstromgenerator darf erst wieder in Betrieb genommen werden, wenn der Mindestisolationswiderstand erreicht wurde.

8.8.7 Reinigung der Isolierung

Entfernen Sie den Hauptläufer, um Zugang zu den Hauptständerwicklungen zu erhalten und Verunreinigungen entfernen zu können. Verwenden Sie sauberes, warmes Wasser ohne Reinigungsmittel. Methoden für das Entfernen und Montieren der Stützen an der Antriebsseite und an der Nicht-Antriebsseite sind im Abschnitt über das Austauschen von Lagern im Kapitel Service und Wartung beschrieben.

8.8.7.1 Entfernen des Hauptläufers

HINWEIS
Der Läufer ist schwer und hat einen geringen Abstand zum Ständer. Die Wicklungen werden beschädigt, wenn der Läufer fallen gelassen wird oder in der Kranseilschlaufe schwingt und den Ständer oder den Rahmen trifft. Um Beschädigungen zu vermeiden, bringen Sie Stützteile an und sorgen für eine sorgfältige Durchführung der Läuferenden. Achten Sie darauf, dass die Schlaufe das Gebläse nicht berührt.

HINWEIS
Um den Hauptläufer sicher und einfach zu entfernen, verwenden Sie die folgenden Spezialwerkzeuge: eine Läuferverlängerungsflanschwelle, ein Läuferverlängerungsrohr (das ungefähr so lang wie die Läuferwelle ist) und eine höhenverstellbare V-Rollenstütze für das Verlängerungsrohr. Diese Werkzeuge und ihre Spezifikationen erhalten Sie vom Hersteller.

1. Entfernen Sie die Klammer an der Nicht-Antriebsseite an, wie im Abschnitt **Entfernen der Nicht-Antriebsseite** beschrieben.
2. Bei einem Zweilager-Wechselstromgenerator entfernen Sie die Klammer der Antriebsseite und befolgen dabei die Anweisungen im Abschnitt **Entfernen der Antriebsseite**.
3. Bei einem Einlager-Wechselstromgenerator entfernen Sie den Adapter an der Antriebsseite wie folgt:
    a. Trennen Sie den Wechselstromgenerator vom Hauptantrieb.
    b. Entfernen Sie den Adapter an der Antriebsseite.
4. Befestigen Sie den Läuferwellenverlängerungsflanschwelle zum Hauptläufer an der Nicht-Antriebsseite.
5. Befestigen Sie das Verlängerungsrohr an der Flanschwelle.
6. Bringen Sie die V-Rollenstütze unter dem Wellenverlängerungsrohr in der Nähe des Wechselstromgeneratorrahmens an.

7. Heben Sie die V-Rollenstütze an, um das Verlängerungsrohr geringfügig anzuheben, um das Gewicht des Hauptläufers am Nicht-Antriebsende zu stützen.
8. Heben Sie den Läufer am Antriebsende mit Hilfe einer Kranseilschlaufe leicht an, um sein Gewicht abzustützen.
9. Entfernen Sie vorsichtig die Kranseilschlaufe, sodass der Läufer vom Wechselstromgeneratorrahmen abgezogen wird, wenn das Verlängerungsrohr auf den V-Rollen rollt, bis die Läuferwicklungen vollständig sichtbar sind.
10. Stützen Sie den Läufer auf Holzblöcken ab, um zu verhindern, dass er weiterrollt und die Wicklungen beschädigt.
11. Binden Sie die Kranseilschlaufe in der Mitte der Hauptläuferwicklungen in der Nähe des Läuferschwerpunkts fest.
12. Heben Sie den Läufer mit Hilfe einer Kranseilschlaufe leicht an, um festzustellen, ob sein Gewicht ausbalanciert ist. Passen Sie die Kranseilschlaufe gegebenenfalls an.
13. Entfernen Sie die Kranseilschlaufe vorsichtig, sodass der Läufer vollständig vom Wechselstromgeneratorrahmen abgezogen wird.
14. Senken Sie den Läufer auf die Holzblöcke ab, um zu verhindern, dass er weiterrollt und die Wicklungen beschädigt.
15. Entfernen Sie gegebenenfalls das Verlängerungsrohr und die Flanschwelle.
16. Markieren Sie die Position Schlaufe (für den Wiedereinbau) und entfernen Sie gegebenenfalls die Kranseilschlaufe.

8.8.7.2 Installation des Hauptläufers

HINWEIS
Der Läufer ist schwer und hat einen geringen Abstand zum Ständer. Die Wicklungen werden beschädigt, wenn der Läufer fallen gelassen wird oder in der Kranseilschlaufe schwingt und den Ständer oder den Rahmen trifft. Um Beschädigungen zu vermeiden, bringen Sie Stützteile an und sorgen für eine sorgfältige Durchführung der Läuferenden. Achten Sie darauf, dass die Schlaufe das Gebläse nicht berührt.

HINWEIS
Um den Hauptläufer sicher und einfach zu installieren, verwenden Sie die folgenden Spezialwerkzeuge: eine Läuferverlängerungsflanschwelle, ein Läuferverlängerungsrohr (das ungefähr so lang wie die Läuferwelle ist) und eine höhenverstellbare V-Rollenstütze für das Verlängerungsrohr. Diese Werkzeuge und ihre Spezifikationen erhalten Sie vom Hersteller.

1. Befestigen Sie den Läuferwellenverlängerungsflanschwelle zum Hauptläufer an der Nicht-Antriebsseite (bei einigen Wechselstromgeneratormodellen auch an der Lagerkartusche der Nicht-Antriebsseite).
2. Befestigen Sie das Verlängerungsrohr an der Flanschwelle.
3. Binden Sie die Kranseilschlaufe in der Mitte der Hauptläuferwicklungen in der Nähe des Läuferschwerpunkts fest.
4. Heben Sie den Läufer mit Hilfe einer Kranseilschlaufe leicht an, um festzustellen, ob sein Gewicht ausbalanciert ist. Passen Sie die Kranseilschlaufe gegebenenfalls an.
5. Bringen Sie die V-Rollenstütze unter dem Wellenverlängerungsrohr an der Nicht-Antriebsseite in der Nähe des Wechselstromgeneratorrahmens an.

6. Setzen Sie den Läufer sorgfältig mit Hilfe der Kranseilschlaufe in den Wechselstromgeneratorrahmen ein, zuerst das Verlängerungsrohr.
7. Führen Sie das Verlängerungsrohr auf der V-Rollenstütze. Passen Sie die Höhe der V-Rollenstütze nach Bedarf an.
8. Setzen Sie den Läufer in den Wechselstromgeneratorrahmen ein, bis die Kranseilschlaufe den Rahmen berührt.
9. Senken Sie den Läufer auf Holzblöcke ab, um zu verhindern, dass er weiterrollt und die Wicklungen beschädigt.
10. Positionieren Sie die Kranseilschlaufe neu an der Antriebsseite der Läuferwelle.
11. Heben Sie den Läufer am Antriebsende mit Hilfe einer Kranseilschlaufe leicht an, um sein Gewicht abzustützen.
12. Bewegen Sie die Kranseilschlaufe vorsichtig zum Wechselstromgeneratorrahmen, während das Verlängerungsrohr auf den V-Rollen rollt, bis die Läuferwicklungen vollständig eingesetzt sind.
13. Senken Sie die Kranseilschlaufen vorsichtig ab, um das Läufergewicht auf die Stützen zu setzen und entfernen Sie die Schlaufe.
14. Bei einem Zweilager-Wechselstromgenerator bringen Sie die Klammer der Antriebsseite wieder an und befolgen dabei die Anweisungen im Abschnitt **Montage der Antriebsseite**.
15. Bei einem Einlager-Wechselstromgenerator bauen Sie die Antriebsseite wie folgt zusammen:
    a. Bringen Sie den Adapter an der Antriebsseite wieder an
    b. Koppeln Sie den Wechselstromgenerator an den Hauptantrieb an.
    c. Bringen Sie die Abdeckungen des oberen und unteren Luftauslassgitters an.
16. Bringen Sie die Klammer an der Nicht-Antriebsseite an, wie im Abschnitt **Montage der Nicht-Antriebsseite** beschrieben.
17. Entfernen Sie das Verlängerungsrohr für die Läuferwelle.
18. Entfernen Sie den Verlängerungsflanschwelle von der Läuferwelle.
19. Entfernen Sie die V-Rollen-Stütze.

9 Fehlersuche

9.1 Beschreibung der Symbole

Symbol	Beschreibung
	Die rote LED (Light Emitting Diode) des automatischen Spannungsreglers (AVR) ist AUS
	Die rote LED (Light Emitting Diode) des automatischen Spannungsreglers (AVR) ist AN
	Zeitverzögerung
0 kW	Es liegt keine Ausgangslast an („Off-Load“)
+ kW	Es liegt eine Ausgangslast an („On-Load“)
	Diode
	Sicherung
	Schalter
	Erde
+ -	Batterie (achten Sie auf die Polarität)

9.2 Sicherheit

⚠ GEFAHR

Spannungsführende elektrische Leiter

Spannungsführende elektrische Leiter können zu schweren Verletzungen durch Stromschlag und Verbrennungen führen.

Stellen Sie vor Prüfungarbeiten an oder im Bereich von spannungsführenden elektrischen Leitern Folgendes zum Schutz vor Verletzungen sicher:

- **Schätzen Sie zuvor die bestehenden Gefährdungen ab, und nehmen Sie Prüfarbeiten an oder im Bereich von spannungsführenden elektrischen Leitern nur vor, wenn dies unumgänglich ist.**
- **Prüfarbeiten an oder im Bereich von spannungsführenden elektrischen Leitern dürfen nur von ausgebildeten, sachkundigen Personen durchgeführt werden.**
- **Führen Sie Prüfarbeiten an oder im Bereich von spannungsführenden elektrischen Leitern niemals allein durch. Es muss stets eine zweite sachkundige Person zugegen sein, die in der Lage ist, Energiequellen fachgerecht abzuschalten und im Notfall entsprechende Maßnahmen zu ergreifen.**
- **Stellen Sie Warnhinweise auf und sorgen Sie dafür, dass unbefugte Personen keinen Zutritt besitzen.**
- **Stellen Sie sicher, dass verwendete Werkzeuge, Prüfgeräte, Leitungen und Anbauteile für Spannungen ausgelegt sind, wie sie voraussichtlich im Normal- und Fehlerzustand auftreten, und entsprechend überprüft und gewartet werden.**
- **Prüfen Sie Wechselstromgeneratoren für mittlere und hohe Spannungen (3,3 kV bis 13,6 kV) nur mit speziellen Prüfgeräten und Sensoren.**
- **Ergreifen Sie entsprechende Vorsichtsmaßnahmen einschließlich Persönlicher Schutzausrüstung, Isolierung, Absperrungen und isoliertes Werkzeug, um einen Kontakt mit spannungsführenden Leitungen zu vermeiden.**

⚠ GEFAHR

Spannungsführende elektrische Leiter

Spannungsführende elektrische Leiter an den Ausgangs- und AVR-Anschlussklemmen und am AVR-Kühlkörper können zu schweren Verletzungen durch Stromschlag und Verbrennungen führen.

Ergreifen Sie entsprechende Vorsichtsmaßnahmen einschließlich Persönlicher Schutzausrüstung, Isolierung, Absperrungen und isoliertes Werkzeug, um einen Kontakt mit spannungsführenden Leitungen und somit Verletzungen zu vermeiden.

9.3 Einleitung

Diese Anleitung zur Fehlersuche bezieht sich auf den Wechselstromgenerator – den synchronen Wechselstromgenerator, der über eine mechanische Kupplung an den Hauptantrieb (Motor) angeschlossen ist und über zwei, drei oder vier Stromkabel an einem eingebauten Klemmenblock mit einem elektrischen System verbunden ist. Nicht in dieser Anleitung enthalten sind:

- der Hauptantrieb und seine Steuerelemente
- der Generatorsatz, seine Steuerelemente und Verdrahtung und
- Bedienfeldinstrumente, Trennschalter und Schaltanlage.

Die Fehlersuche basiert auf der Erfassung von Informationen über Symptome, der Ermittlung der wahrscheinlichsten Ursache und anschließendem Testen. Diese systematische Methode wird angewendet, bis der Fehler isoliert und behoben ist. Sie minimiert die Wahrscheinlichkeit einer Fehldiagnose und unnötige Ausgaben. Wenn Sie sicher sind, dass das Problem von dem Wechselstromgenerator verursacht wird, gehen Sie vor wie in dieser Anleitung beschrieben und korrigieren den Fehler.

Bevor Sie versuchen, einen Fehler zu finden und zu reparieren, überprüfen Sie Folgendes:

- physische Symptome, beispielsweise unübliche Geräusche, Rauch oder Brandgeruch;
- mündliche oder schriftliche Berichte, die auf die Ursache des Fehlers hindeuten könnten;
- Probleme außerhalb des Wechselstromgenerators und
- defekte Instrumente, durchgebrannte Sicherungen oder ausgelöste Trennschalter.

Betreiben Sie den Wechselstromgenerator nur so lange wie notwendig, um die Symptome zu bestätigen.

Führen Sie eine allgemeine Überprüfung bei angehaltenem Wechselstromgenerator durch.

- Überprüfen Sie, ob im Gehäuse des Wechselstromgenerators Schmutz vorhanden ist.
- Achten Sie auf offensichtliche Behinderung der Drehung.
- Überprüfen Sie die Hauptklemmen und die Steuerverdrahtung auf korrodierte oder lose Verbindungen.

Um den Fehler zu finden, müssen Sie möglicherweise:

- Eine allgemeine Überprüfung durchführen.
- Die Symptome bestätigen.
- Den Wechselstromgenerator unerregt betreiben.
- Betreiben Sie den Wechselstromgenerator ohen Last, mit Last oder parallel mit anderen Wechselstromgeneratoren.
- Trennen Sie die Wicklungen und die Isolation und messen Sie den Widerstand.
- Testen Sie die Komponenten des drehenden Gleichrichtersystems.
- Trennen Sie den AVR und stellen Sie die AVR-Steuerelemente ein.

Gehen Sie NICHT davon aus, dass der AVR oder das Steuersystem fehlerhaft sind, bis die Testergebnisse dies belegt haben.

Falls Sie für diese Aufgaben nicht qualifiziert sind oder nicht die erforderliche Kompetenz besitzen, unterbrechen Sie die Arbeit und beschaffen sich Unterstützung.

Beachten Sie außerdem Folgendes:

- Entfernen Sie Schutzabdeckungen, falls dies für das Testen erforderlich ist. Bringen Sie die Abdeckungen anschließend wieder an.
- Trennen Sie die Stromversorgung von Antikondensationsheizern (falls vorhanden). Schließen Sie die Heizer nach dem Testen wieder an.
- Deaktivieren Sie die Funktionen der Motorsteuerungs-Schutzsysteme (z. B. Unterspannungsschutz) nach Bedarf, um den Betrieb der Maschine während dieser Tests zu ermöglichen. Aktivieren Sie diese Funktionen anschließend wieder.
- Verwenden Sie für die Messungen immer ein unabhängiges Instrument. Verlassen Sie sich nicht auf die Messgeräte des Bedienfelds.

9.4 Empfohlene Ausrüstung für die Fehlersuche

9.4.1 Multimeter

Das Multimeter ist ein umfassendes Testinstrument für die Messung von Spannung, Strom und Widerstand. Es sollte in der Lage sein, die folgenden Bereiche zu messen:-

- 0 bis 250, 0 bis 500, 0 bis 1000 Volt (V_{AC})
- 0 bis 25, 0 bis 100, 0 bis 250 Volt (V_{DC})
- 0 bis 10 A (A_{DC})
- 0 bis 10 kiloOhm (kΩ) oder 0 bis 2 kiloOhm (kΩ)
- 0 bis 100 kiloOhm (kΩ) oder 0 bis 20 kiloOhm (kΩ)
- 0 bis 1 MegaOhm (MΩ) oder 0 bis 200 kiloOhm (kΩ)

9.4.2 Tachometer oder Frequenzmessgerät

Für die Messung der Wellengeschwindigkeit des Wechselstromgenerators wird ein Tachometer verwendet. Dieser sollte in der Lage sein, Geschwindigkeiten zwischen 0 und 5000 Umdrehungen pro Minute (U/min) zu messen.

Eine Alternative zu dem Tachometer ist der Frequenzmesser. Der Wechselstromgenerator muss bei normaler Ausgangsspannung betrieben werden, damit der Tachometer präzise Werte erzeugt.

9.4.3 Isolationstester (Megger)

Der Isolationstester erzeugt eine Spannung von 500 V oder 1000 V und wird verwendet, um den Widerstandswert der Isolation gegen Erde (Masse) zu messen. Dabei kann es sich um ein Gerät mit elektronischem Druckschalter oder einen Generatortyp mit Handkurbel handeln.

9.4.4 Zangenamperemeter

Das Zangenamperemeter verwendet den Transformatoreffekt, um den in einem Leiter fließenden Strom zu messen. Ein geteilter Magnetkern in Form von Klemmbacken wird um den Leiter herum angebracht (eine Primärwicklung). Gemessen wird der Strom in den Sekundärwicklungen innerhalb des Messgeräts. Geeignete Bereiche sind

- 0 bis 10, 0 bis 50, 0 bis 100, 0 bis 250, 0 bis 500 und 0 bis 1000 A ($A_{a.c.}$).

9.4.5 Mikro-Ohmmeter

Für Messungen von Widerstandswerten unterhalb von 1,0 Ohm wird ein Mikro-Ohmmeter verwendet. Es stellt die einzige Möglichkeit dar, sehr geringe Widerstände präzise zu messen, wie beispielsweise für Hauptständer- und Erregerläuferwicklungen.

9.4.6 Werkzeug und Ersatzteile

Um eine effiziente Fehlersuche und kurze Ausfallzeiten zu gewährleisten, sollten Sie sich auf häufig auftretende Probleme vorbereiten und Werkzeug und Ersatzteile für den schlimmsten annehmbaren Fehler bereithalten. Dazu gehören:

- umfassender Werkzeugsatz zum Entfernen/Wiederanbringen der Befestigungselemente
- Drehmomentschlüssel (mit einem geeigneten Drehmomentbereich zum Anziehen der Befestigungselemente)

- Austausch-AVR des geeigneten Typs
- elektrisch betriebener Schlitzschraubendreher zur Einstellung der AVR-Steuerelemente
- kompletter Satz Gleichrichterdioden
- Drehmomentschlüssel und Zubehör (mit einem geeigneten Drehmomentbereich und mechanischer Konfiguration für das Einsetzen und Anziehen von Dioden)
- kompletter Satz Gleichrichtervaristoren
- externer Hand-Trimmer
- Stromtransformator, falls zutreffend
- Spannungstransformator, falls zutreffend
- Erregerläufer und -ständer, falls zutreffend
- PMG-Läufer und -Ständer, falls zutreffend
- Gleichrichterdiode, 5-A-Sicherung, Schalter und Batterie für die Wiederherstellung der Restspannung

9.5 Vorbereitung

Zeichnen Sie alle Daten über den Wechselstromgenerator (Modell, Seriennummer, Laufzeit, Spannung, AVR und Hauptständerkonfiguration), Symptome und Beobachtungen auf[1] in einer Kopie des Protokolls für die Fehlersuche auf**Kapitel 10 auf Seite 103**.

Arbeitet der Wechselstromgenerator Ihren Kenntnissen nach OHNE LAST NORMAL (keine Ausgangslast)?	JA	Wechselstromgenerator mit Last prüfen **Abschnitt 9.8 auf Seite 84**.
	NR.	Nichterregte Phasen- und AVR-Spannungen überprüfen **Abschnitt 9.6 auf Seite 75**.

9.6 Nichterregte Phasen- und AVR-Spannungen überprüfen

Überprüfen, ob der Wechselstromgenerator sicher betrieben werden kann:

- Trennen und isolieren Sie die Ausgangsleistungskabel von den Hauptklemmen des Wechselstromgenerators.
- Trennen Sie die Erregerfelddrähte (F1 und F2) vom AVR und sichern Sie sie.
- Starten Sie den Wechselstromgenerator ohne Ausgangslast, „Off-Load“. Bereiten Sie sich auf das ANHALTEN vor!
- Stellen Sie sicher, dass der Wechselstromgenerator die richtige Geschwindigkeit hat.
- Messen Sie die Ausgangsspannung des Wechselstromgenerators (Phase/Phase):[2] Dies ist die Restspannung. Zeichnen Sie Ihre Messungen im Protokoll für die Fehlersuche auf **Kapitel 10 auf Seite 103**.

[1] Die Ausgangsspannung, die Ständerkonfiguration und der AVR können sich von den Angaben auf dem Typenschild unterscheiden. Zeichnen Sie Ihre **eigenen** Beobachtungen und Messungen

[2] Dreiadrige Wechselstromgeneratoren mit einer Phase müssen als zwei separate Wicklungen überprüft werden.

<table>
<tr>
<td colspan="2">Sind die Phasenspannungen um mehr als 1 % UNAUSGEGLICHEN (siehe nachfolgendes Beispiel)?</td>
<td rowspan="2">JA</td>
<td>Unausgeglichene Restspannung könnte darauf hindeuten, dass es ein Problem mit der Hauptständerwicklung gibt, und dass es deshalb unsicher ist, den Wechselstromgenerator unter normaler Erregung zu betreiben:
Unausgeglichene Restspannung wird nicht durch einen fehlerhaften AVR oder fehlerhafte Komponenten des Drehgleichrichters verursacht.</td>
</tr>
<tr>
<td rowspan="3">Ausgeglichen
U-V 36.0
V-W 36.0
U-W 36.2</td>
<td rowspan="3">Unausgeglichen
U-V 36.0
V-W 32.8
U-W 30.3</td>
<td>MASSNAHMEN:

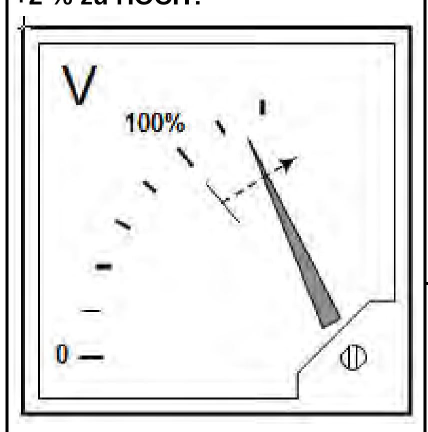
HALTEN SIE DEN WECHSELSTROMGENERATOR AN
Führen Sie die nachfolgend empfohlenen Schritte in der angegebenen Reihenfolge aus, bis die Ursache ermittelt wurde.
1. Messen und überprüfen Sie den Isolationswiderstand des Hauptständers Abschnitt 9.9.20 auf Seite 99.
2. Messen und überprüfen Sie den Widerstand des Hauptständers Abschnitt 9.9.15 auf Seite 96.</td>
</tr>
<tr>
<td rowspan="2">NR.</td>
<td>Für den Betrieb des AVR ist die richtige Eingangsspannung unabdingbar.
Für die Typen „SX“ und „AS“, bei denen der AVR durch die Restspannung gestartet wird, erzeugt der Wechelstromgenerator keine Erregung, wenn die Restspannung unter dem erforderlichen Mindestwert liegt.
Für AVRs vom Typ „MX“ und Maschinen mit Dauermagnetgenerator (PMG) gelten die Anforderungen an die Restspannung nicht.
Die AVR-Abtastspannung ist ein fester Anteil der Hauptausgangsspannung des Wechselstromgenerators, die vom AVR für die Spannungsregelung verwendet wird. Wenn die Abtastspannung keine gute und stabile Darstellung des Ausgangs ist, regelt der AVR den Ausgang nicht ordnungsgemäß.</td>
</tr>
<tr>
<td>MASSNAHMEN:
LASSEN SIE DEN WECHSELSTROMGENERATOR EINGESCHALTET
Messen Sie den AVR-Leistungseingangs- und Abtastspannungen.
Zeichnen Sie Ihre Messungen im Protokoll für die Fehlersuche auf Kapitel 10 auf Seite 103.
Fahren Sie mit der nächsten Frage fort.</td>
</tr>
</table>

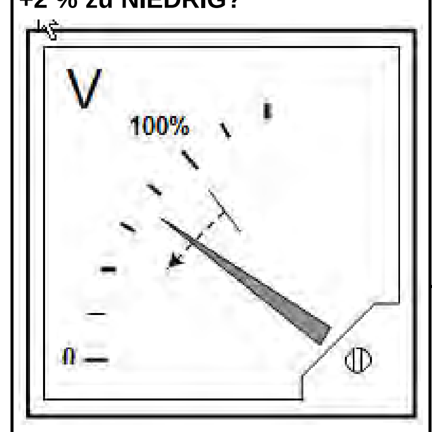
Entspricht der Messwert der AVR-Leistungseingangsspannung (aus dem Protokoll für die Fehlersuche) nicht der Anforderung?	JA	**MASSNAHMEN:** STOP **HALTEN SIE DEN WECHSELSTROMGENERATOR AN** Führen Sie die nachfolgend empfohlenen Schritte in der angegebenen Reihenfolge aus, bis die Ursache ermittelt wurde. 1. Überprüfen Sie die Ausgangsverbindungen des Hauptständers. 2. Stellen Sie die Restspannung wieder her Abschnitt 9.9.22 auf Seite 100.
	NR.	Berechnen Sie V_a, V_b und V_{sen} und zeichnen Sie Ihre Messwerte im Protokoll für die Fehlersuche auf Kapitel 10 auf Seite 103. Fahren Sie mit der nächsten Frage fort.

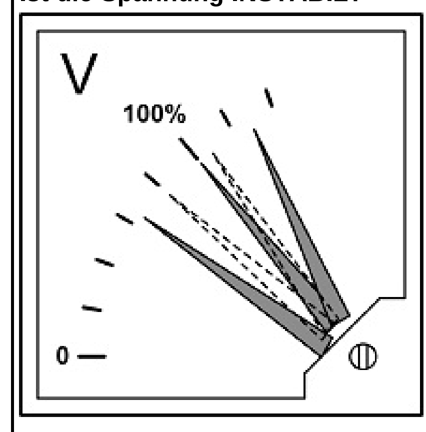
Entspricht die berechnete AVR-Abtastspannung (aus dem Protokoll für die Fehlersuche) nicht der Anforderung?	JA	**MASSNAHMEN:** STOP **HALTEN SIE DEN WECHSELSTROMGENERATOR AN** Führen Sie die nachfolgend empfohlenen Schritte in der angegebenen Reihenfolge aus, bis die Ursache ermittelt wurde. 1. Überprüfen Sie die Ausgangsverbindungen des Hauptständers. 2. Überprüfen Sie die AVR-Abtasttransformatoren. 3. Überprüfen Sie das weitere AVR-Zubehör.
	NR.	Es sollte sicher sein, den Wechselstromgenerator ohne Last zu betreiben.
		MASSNAHMEN: STOP **HALTEN SIE DEN WECHSELSTROMGENERATOR AN** 1. Verbinden Sie die Hauptausgangskabel mit den Hauptklemmen des Wechselstromgenerators. 2. Verbinden Sie die Erregerfelddrähte (F1 und F2) mit dem AVR. 3. Setzen Sie die Überprüfung ohne Last fort Abschnitt 9.7 auf Seite 77.

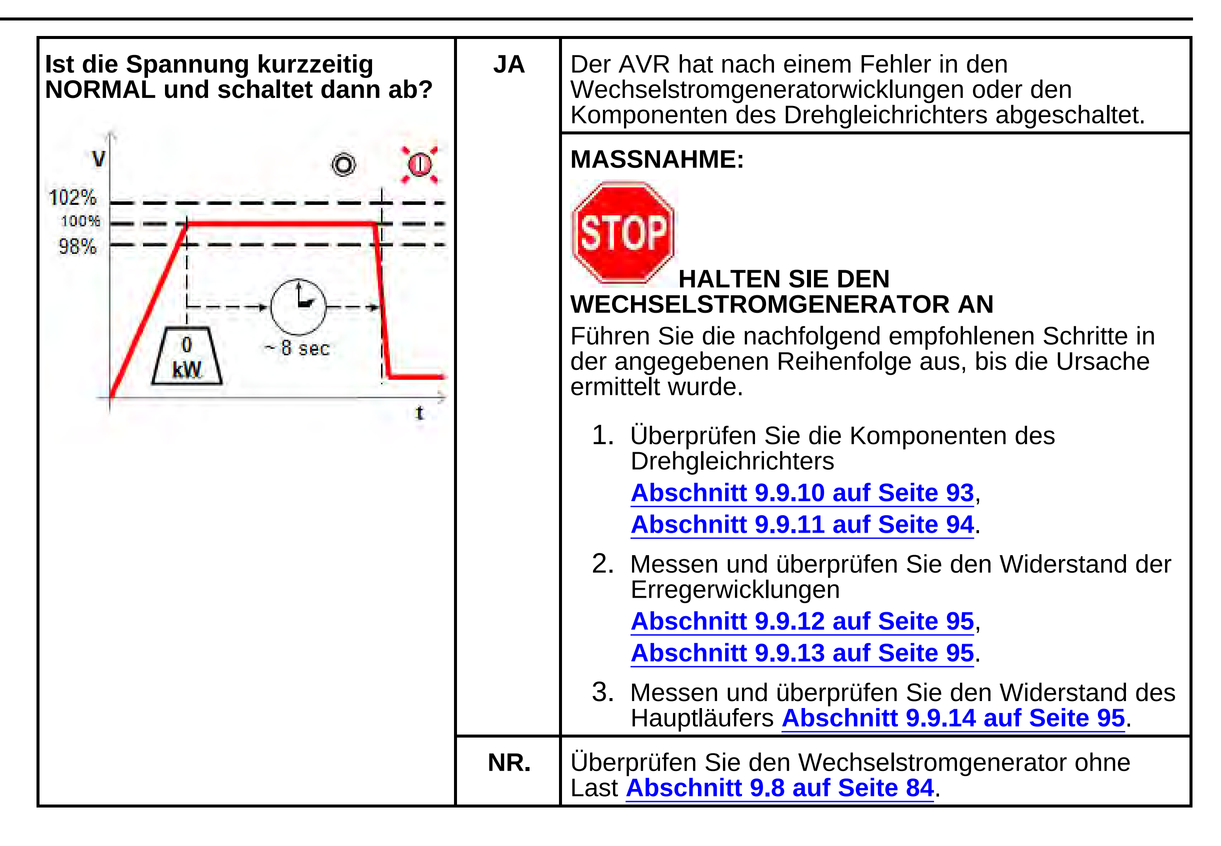
9.7 Wechselstromgenerator ohne Last prüfen

1. Stellen Sie sicher, dass die Hauptausgangskabel und die Erregerfelddrähte sicher angeschlossen sind.
2. Starten Sie den Wechselstromgenerator ohne Ausgangslast, „Off-Load“. Bereiten Sie sich auf das ANHALTEN vor!
3. Stellen Sie sicher, dass der Wechselstromgenerator die richtige Geschwindigkeit hat.
4. Messen Sie die Hauptklemmenausgangsspannung.

Ist die Spannung um mehr als +2 % zu HOCH?  	JA	**MASSNAHME:** **LASSEN SIE DEN WECHSELSTROMGENERATOR EINGESCHALTET** Probleme durch zu **hohe Spannung** sind gekennzeichnet durch: • **Dauerhaft** zu hohe Spannung um mehr als +2 %, oder • Kurzzeitig hohe Spannung und anschließendes Abschalten. Fahren Sie fort mit **Abschnitt 9.7.1 auf Seite 79**.
	NR.	Fahren Sie mit der nächsten Frage fort.

Ist die Spannung um mehr als +2 % zu NIEDRIG?  	JA	**MASSNAHME:** **LASSEN SIE DEN WECHSELSTROMGENERATOR EINGESCHALTET** **Probleme durch zu** niedrige **Spannung** sind gekennzeichnet durch: • **Dauerhaft** zu niedrige Spannung um mehr als +2 %, oder • Kurzzeitig niedrige Spannung und anschließendes Abschalten. Fahren Sie fort mit **Abschnitt 9.7.2 auf Seite 80**.
	NR.	Fahren Sie mit der nächsten Frage fort.

Ist die Spannung INSTABIL?  	JA	**MASSNAHME:** **LASSEN SIE DEN WECHSELSTROMGENERATOR EINGESCHALTET** Probleme durch **instabile Spannung** sind gekennzeichnet durch: • Rhythmische Instabilität • Unregelmäßige Instabilität mit flackernder AVR-LED • Unregelmäßige Instabilität mit AVR-LED AUS oder • Spannungsdrift. Fahren Sie fort mit **Abschnitt 9.7.3 auf Seite 82**.
	NR.	Fahren Sie mit der nächsten Frage fort.

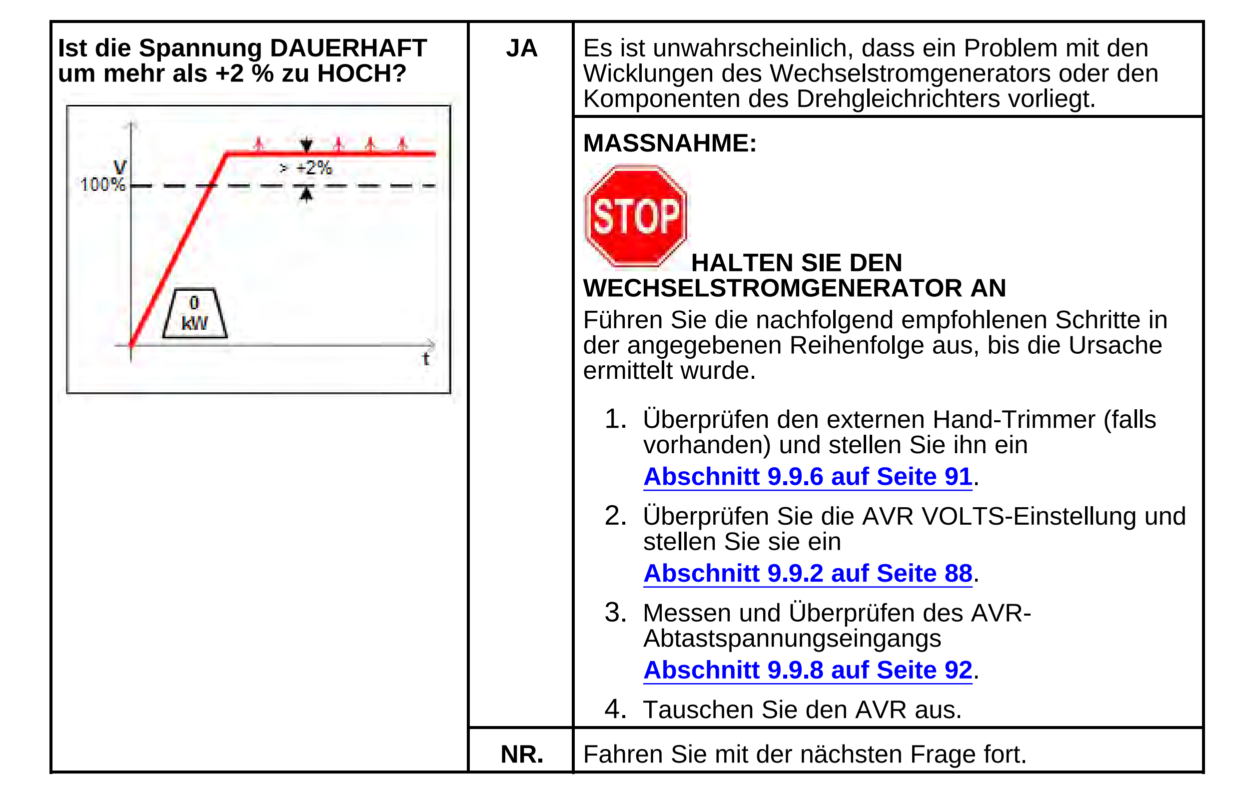


Ist die Spannung kurzzeitig NORMAL und schaltet dann ab?	JA	Der AVR hat nach einem Fehler in den Wechselstromgeneratorwicklungen oder den Komponenten des Drehgleichrichters abgeschaltet.
V 102% 100% 98% 0 kW ~ 8 sec t		**MASSNAHME:** STOP **HALTEN SIE DEN WECHSELSTROMGENERATOR AN** Führen Sie die nachfolgend empfohlenen Schritte in der angegebenen Reihenfolge aus, bis die Ursache ermittelt wurde. 1. Überprüfen Sie die Komponenten des Drehgleichrichters **Abschnitt 9.9.10 auf Seite 93**, **Abschnitt 9.9.11 auf Seite 94**. 2. Messen und überprüfen Sie den Widerstand der Erregerwicklungen **Abschnitt 9.9.12 auf Seite 95**, **Abschnitt 9.9.13 auf Seite 95**. 3. Messen und überprüfen Sie den Widerstand des Hauptläufers **Abschnitt 9.9.14 auf Seite 95**.
	NR.	Überprüfen Sie den Wechselstromgenerator ohne Last **Abschnitt 9.8 auf Seite 84**.

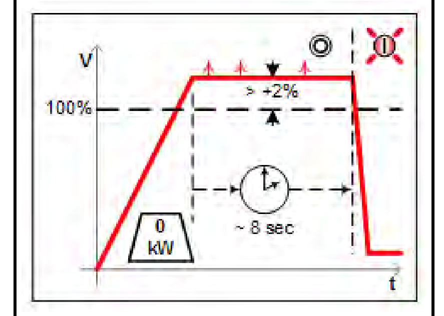
9.7.1 Spannung ohne Last höher als erwartet

Der Wechselstromgenerator erzeugt eine Spannung, die höher als erwartet ist:

1. Starten Sie den Wechselstromgenerator ohne Ausgangslast, „Off-Load". Bereiten Sie sich auf das ANHALTEN vor!
2. Stellen Sie sicher, dass der Wechselstromgenerator die richtige Geschwindigkeit hat.
3. Messen Sie die Hauptklemmenausgangsspannung.



Ist die Spannung DAUERHAFT um mehr als +2 % zu HOCH?	JA	Es ist unwahrscheinlich, dass ein Problem mit den Wicklungen des Wechselstromgenerators oder den Komponenten des Drehgleichrichters vorliegt.
V 100% > +2% 0 kW t		**MASSNAHME:** STOP **HALTEN SIE DEN WECHSELSTROMGENERATOR AN** Führen Sie die nachfolgend empfohlenen Schritte in der angegebenen Reihenfolge aus, bis die Ursache ermittelt wurde. 1. Überprüfen den externen Hand-Trimmer (falls vorhanden) und stellen Sie ihn ein **Abschnitt 9.9.6 auf Seite 91**. 2. Überprüfen Sie die AVR VOLTS-Einstellung und stellen Sie sie ein **Abschnitt 9.9.2 auf Seite 88**. 3. Messen und Überprüfen des AVR-Abtastspannungseingangs **Abschnitt 9.9.8 auf Seite 92**. 4. Tauschen Sie den AVR aus.
	NR.	Fahren Sie mit der nächsten Frage fort.

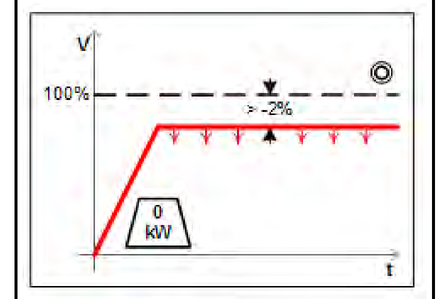
Frage		
Ist die Spannung kurzzeitig HOCH, schaltet dann ab und die AVR-LED ist AN?  	**JA**	Der AVR hat nach einem Fehler abgeschaltet, aber es ist unwahrscheinlich, dass es sich um einen Fehler in den Wechselstromgeneratorwicklungen oder den Komponenten des Drehgleichrichters handelt.
		MASSNAHME:  **HALTEN SIE DEN WECHSELSTROMGENERATOR AN** Führen Sie die nachfolgend empfohlenen Schritte in der angegebenen Reihenfolge aus, bis die Ursache ermittelt wurde. 1. Überprüfen den externen Hand-Trimmer (falls vorhanden) und stellen Sie ihn ein **Abschnitt 9.9.6 auf Seite 91**. 2. Überprüfen Sie die AVR VOLTS-Einstellung und stellen Sie sie ein **Abschnitt 9.9.2 auf Seite 88**. 3. Messen und Überprüfen des AVR-Abtastspannungseingangs **Abschnitt 9.9.8 auf Seite 92**. 4. Tauschen Sie den AVR aus.
	NR.	**ACTION:**  **HALTEN SIE DEN WECHSELSTROMGENERATOR AN** Weitere Informationen erhalten Sie vom CGT Customer Support.

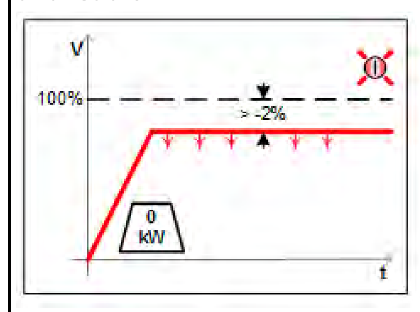
9.7.2 Spannung ohne Last niedriger als erwartet

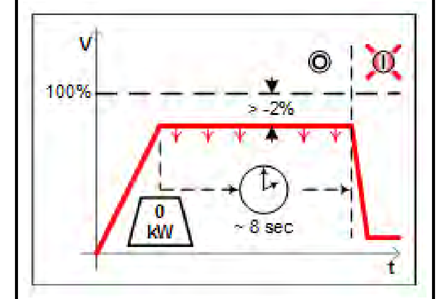
Der Wechselstromgenerator erzeugt eine Spannung, die niedriger als erwartet ist:

1. Starten Sie den Wechselstromgenerator ohne Ausgangslast, „Off-Load“. Bereiten Sie sich auf das ANHALTEN vor!
2. Stellen Sie sicher, dass der Wechselstromgenerator die richtige Geschwindigkeit hat.
3. Messen Sie die Hauptklemmenausgangsspannung.

Frage		
Ist die Spannung NULL oder SEHR NIEDRIG?	**JA**	**MASSNAHME:**  **HALTEN SIE DEN WECHSELSTROMGENERATOR AN** Führen Sie die nachfolgend empfohlenen Schritte in der angegebenen Reihenfolge aus, bis die Ursache ermittelt wurde. 1. Überprüfen Sie die Ausgangsverbindungen des Hauptständers. 2. Stellen Sie die Restspannung wieder her (dies gilt NICHT für Maschinen mit PMG) **Abschnitt 9.9.22 auf Seite 100**.
	NR.	Fahren Sie mit der nächsten Frage fort.

<table>
<tr><td rowspan="2">Ist die Spannung DAUERHAFT um mehr als -2 % ZU NIEDRIG und ist die AVR-LED AUS?
</td><td rowspan="2">JA</td><td>Es ist unwahrscheinlich, dass ein Problem mit der Hauptständerwicklung des Wechselstromgenerators vorliegt, es sei denn, die Phasenspannungen sind unausgeglichen.</td></tr>
<tr><td>MASSNAHME:
HALTEN SIE DEN WECHSELSTROMGENERATOR AN
Führen Sie die nachfolgend empfohlenen Schritte in der angegebenen Reihenfolge aus, bis die Ursache ermittelt wurde.
1. Überprüfen den externen Hand-Trimmer (falls vorhanden) und stellen Sie ihn ein
Abschnitt 9.9.6 auf Seite 91.
2. Überprüfen Sie die AVR VOLTS-Einstellung und stellen Sie sie ein
Abschnitt 9.9.2 auf Seite 88.
3. Überprüfen Sie die Komponenten des Drehgleichrichters
Abschnitt 9.9.10 auf Seite 93,
Abschnitt 9.9.11 auf Seite 94.
4. Messen Sie die PMG-Ständerwicklung (falls vorhanden) und überprüfen Sie ihren Zustand
Abschnitt 9.9.16 auf Seite 96,
Abschnitt 9.9.21 auf Seite 99.
5. Tauschen Sie den AVR aus.</td></tr>
<tr><td></td><td>NR.</td><td>Fahren Sie mit der nächsten Frage fort.</td></tr>
</table>

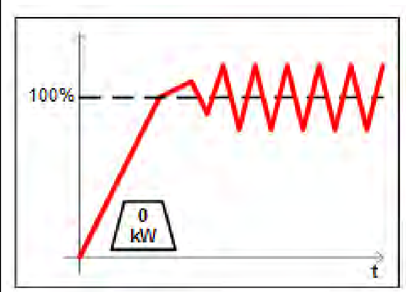
<table>
<tr><td rowspan="2">Ist die Spannung DAUERHAFT um mehr als -2 % ZU NIEDRIG und ist die AVR-LED AN?
</td><td rowspan="2">JA</td><td>Es ist unwahrscheinlich, dass ein Problem mit der Hauptständerwicklung des Wechselstromgenerators vorliegt, es sei denn, die Phasenspannungen sind unausgeglichen.</td></tr>
<tr><td>MASSNAHME:
HALTEN SIE DEN WECHSELSTROMGENERATOR AN
Führen Sie die nachfolgend empfohlenen Schritte in der angegebenen Reihenfolge aus, bis die Ursache ermittelt wurde.
1. Passen Sie die AVR UFRO-Einstellung an
Abschnitt 9.9.3 auf Seite 89.
2. Überprüfen Sie die Drehgeschwindigkeit des Wechselstromgenerators (Hauptantrieb).
3. Tauschen Sie den AVR aus.</td></tr>
<tr><td></td><td>NR.</td><td>Fahren Sie mit der nächsten Frage fort.</td></tr>
</table>

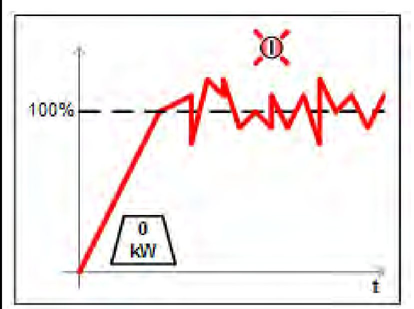
Ist die Spannung kurzzeitig NIEDRIG, schaltet dann ab und die AVR-LED ist AN? 	**JA**	Es ist unwahrscheinlich, dass ein Problem mit der Hauptständerwicklung des Wechselstromgenerators vorliegt, es sei denn, die Phasenspannungen sind unausgeglichen.
		MASSNAHME:  **HALTEN SIE DEN WECHSELSTROMGENERATOR AN** Führen Sie die nachfolgend empfohlenen Schritte in der angegebenen Reihenfolge aus, bis die Ursache ermittelt wurde. 1. Überprüfen Sie die Komponenten des Drehgleichrichters **Abschnitt 9.9.10 auf Seite 93**, **Abschnitt 9.9.11 auf Seite 94**. 2. Tauschen Sie den AVR aus.
	NR.	**MASSNAHME:**  **HALTEN SIE DEN WECHSELSTROMGENERATOR AN** Weitere Informationen erhalten Sie vom CGT Customer Support.

9.7.3 Instabile Spannung ohne Last

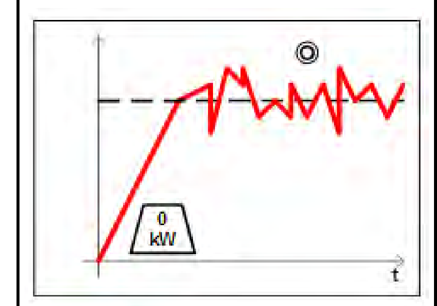
Der Wechselstromgenerator erzeugt eine instabile Spannungsausgabe:

1. Starten Sie den Wechselstromgenerator ohne Ausgangslast, „Off-Load“. Bereiten Sie sich auf das ANHALTEN vor!
2. Stellen Sie sicher, dass der Wechselstromgenerator die richtige Geschwindigkeit hat.
3. Messen Sie die Hauptklemmenausgangsspannung.

 **Variiert die Spannung regelmäßig RHYTHMISCH?** 	**JA**	Es ist unwahrscheinlich, dass ein Problem mit den Wicklungen des Wechselstromgenerators oder den Komponenten des Drehgleichrichters vorliegt.
		MASSNAHME:  **HALTEN SIE DEN WECHSELSTROMGENERATOR AN** Führen Sie die nachfolgend empfohlenen Schritte in der angegebenen Reihenfolge aus, bis die Ursache ermittelt wurde. 1. Überprüfen Sie, ob die Geschwindigkeit des Hauptantriebs stabil ist. 2. Überprüfen Sie, ob der Wechselstromgenerators unterhalb seiner Auslegungsspannung arbeitet. 3. Überprüfen Sie die AVR STAB-Einstellung und stellen Sie sie ein **Abschnitt 9.9.4 auf Seite 90**.
	NR.	Fahren Sie mit der nächsten Frage fort.

<table>
<tr><td rowspan="2">Variiert die Spannung unregelmäßig SCHWANKEND und flackert die AVR-LED?
</td><td rowspan="1">JA</td><td>Sehr wahrscheinlich handelt es sich um eine ungeeignete AVR UFRO-Einstellung. Es ist unwahrscheinlich, dass ein Problem mit den Wicklungen des Wechselstromgenerators oder den Komponenten des Drehgleichrichters vorliegt.
MASSNAHME:

HALTEN SIE DEN WECHSELSTROMGENERATOR AN
Führen Sie die nachfolgend empfohlenen Schritte in der angegebenen Reihenfolge aus, bis die Ursache ermittelt wurde.
1. Überprüfen Sie die Geschwindigkeitsregelung des Hauptantriebs.
2. Überprüfen Sie die AVR UFRO-Einstellung und stellen Sie sie ein Abschnitt 9.9.3 auf Seite 89.</td></tr>
<tr><td>NR.</td><td>Fahren Sie mit der nächsten Frage fort.</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td rowspan="2">Variiert die Spannung unregelmäßig SCHWANKEND und ist die AVR-LED AUS?
</td><td>JA</td><td>Es ist unwahrscheinlich, dass ein Problem mit den Komponenten des Drehgleichrichters vorliegt.
MASSNAHME:

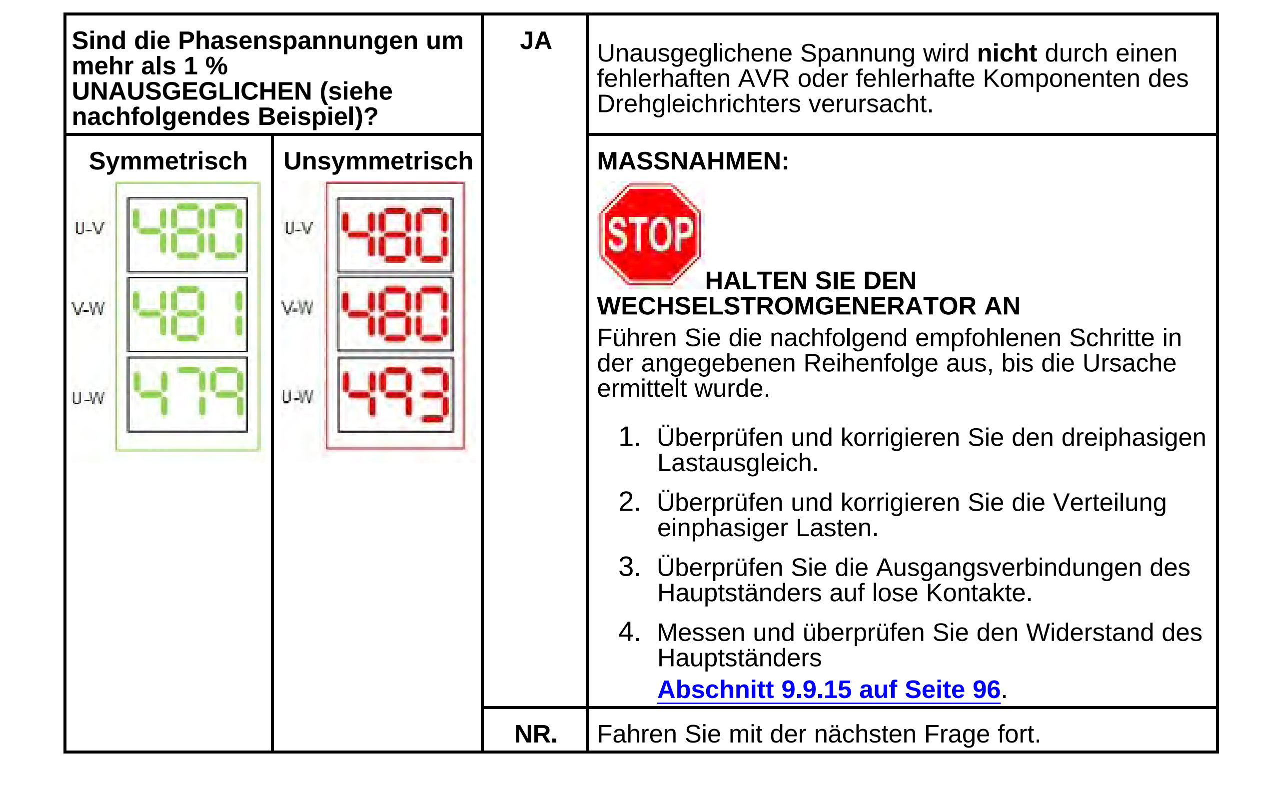
HALTEN SIE DEN WECHSELSTROMGENERATOR AN
Schwankende Instabilität und AVR-LED AUS wird durch die folgenden Schritte in dieser Reihenfolge korrigiert:
1. Überprüfen Sie die Geschwindigkeitsregelung des Hauptantriebs.
2. Überprüfen Sie die AVR STAB-Einstellung und stellen Sie sie ein Abschnitt 9.9.4 auf Seite 90.
3. Messen und Überprüfen des Isolationswiderstands des Erregerständers Abschnitt 9.9.17 auf Seite 97.
4. Messen und Überprüfen des Isolationswiderstands des PMG (falls vorhanden) Abschnitt 9.9.21 auf Seite 99.</td></tr>
<tr><td>NR.</td><td>Fahren Sie mit der nächsten Frage fort.</td></tr>
</table>

DRIFTET die Spannung, mit einer langsamen Abweichung über sehr lange Zeit?		
100% ; 0 kW ; t	**JA**	**MASSNAHME:**  **HALTEN SIE DEN WECHSELSTROMGENERATOR AN** **Die Spannungsdrift** wird durch die folgenden Schritte in dieser Reihenfolge korrigiert: 1. Überprüfen den externen Hand-Trimmer und stellen Sie ihn ein Abschnitt 9.9.6 auf Seite 91. 2. Tauschen Sie den defekten AVR aus.
	NR.	**MASSNAHME:**  **HALTEN SIE DEN WECHSELSTROMGENERATOR AN** Weitere Informationen erhalten Sie vom CGT Customer Support.

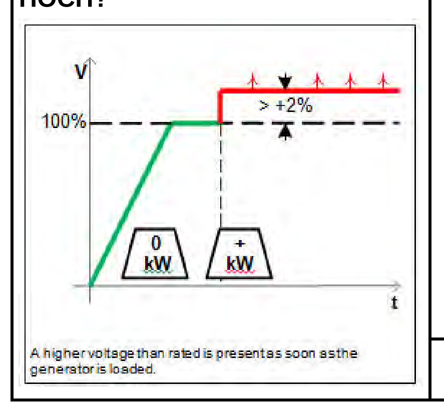
9.8 Wechselstromgenerator mit Last prüfen

Überprüfen Sie den Wechselstromgenerator mit angewendeter Ausgangslast, „On-Load“.

1. Starten Sie den Wechselstromgenerator und bringen Sie die Ausgangslast an. Bereiten Sie sich auf das ANHALTEN vor!
2. Stellen Sie sicher, dass der Wechselstromgenerator die richtige Geschwindigkeit hat.
3. Messen Sie die Hauptklemmenausgangsspannung.

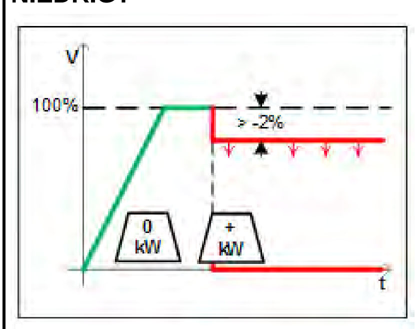


Sind die Phasenspannungen um mehr als 1 % UNAUSGEGLICHEN (siehe nachfolgendes Beispiel)?			
		JA	Unausgeglichene Spannung wird **nicht** durch einen fehlerhaften AVR oder fehlerhafte Komponenten des Drehgleichrichters verursacht.
Symmetrisch U-V 480, V-W 481, U-W 479	**Unsymmetrisch** U-V 480, V-W 480, U-W 493		**MASSNAHMEN:** STOP **HALTEN SIE DEN WECHSELSTROMGENERATOR AN** Führen Sie die nachfolgend empfohlenen Schritte in der angegebenen Reihenfolge aus, bis die Ursache ermittelt wurde. 1. Überprüfen und korrigieren Sie den dreiphasigen Lastausgleich. 2. Überprüfen und korrigieren Sie die Verteilung einphasiger Lasten. 3. Überprüfen Sie die Ausgangsverbindungen des Hauptständers auf lose Kontakte. 4. Messen und überprüfen Sie den Widerstand des Hauptständers Abschnitt 9.9.15 auf Seite 96.
		NR.	Fahren Sie mit der nächsten Frage fort.

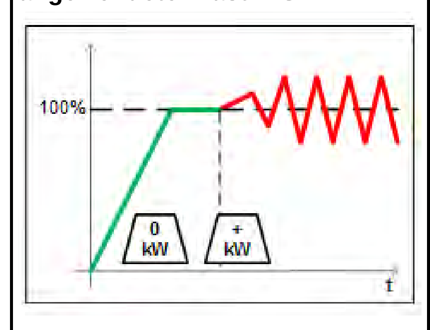
<table>
<tr>
<td rowspan="2">Ist die Spannung bei anliegender Last um mehr als +2 % zu HOCH?


A higher voltage than rated is present as soon as the generator is loaded.</td>
<td>JA</td>
<td>MASSNAHME:

HALTEN SIE DEN WECHSELSTROMGENERATOR AN
Führen Sie die nachfolgend empfohlenen Schritte in der angegebenen Reihenfolge aus, bis die Ursache ermittelt wurde.
Passen Sie die AVR DROOP-Einstellung an Abschnitt 9.9.5 auf Seite 91.
Überprüfen und korrigieren Sie die vorauseilende (kapazitive) Leistungsfaktorlast.</td>
</tr>
<tr>
<td>NR.</td>
<td>Fahren Sie mit der nächsten Frage fort.</td>
</tr>
</table>

<table>
<tr>
<td rowspan="2">Ist die Spannung bei angelegter Last um mehr als -2 % zu NIEDRIG?

</td>
<td>JA</td>
<td>MASSNAHME:

HALTEN SIE DEN WECHSELSTROMGENERATOR AN
Probleme durch zu niedrige Spannung bei angelegter Lastsind gekennzeichnet durch:
Niedrige Spannung um mehr als -2 % dauerhaft nach Anwendung der Last;
Niedrige Spannung um mehr als -2 % dauerhaft nach Anwendung der Last und die AVR-LED ist AN;
Niedrige Spannung um mehr als -2 % für kurze Zeit nach Anwendung der Last, anschließendes Abschalten und die AVR-LED ist AN; oder
Normale Spannung für kurze Zeit nach Anwendung der Last, anschließendes Abschalten und die AVR-LED ist AN.
Fahren Sie fort mit Abschnitt 9.8.1 auf Seite 86.</td>
</tr>
<tr>
<td>NR.</td>
<td>Fahren Sie mit der nächsten Frage fort.</td>
</tr>
</table>

<table>
<tr>
<td rowspan="2">Ist die Spannung bei angewendeter Last INSTABIL?

</td>
<td>JA</td>
<td>MASSNAHME:

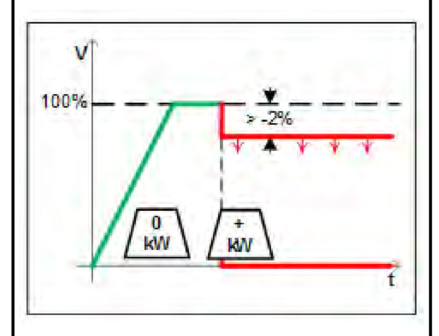
HALTEN SIE DEN WECHSELSTROMGENERATOR AN
Instabile Spannung bei angelegter Last sind gekennzeichnet durch:
Interaktion zwischen AVR, Regler und/oder Last; oder
Durch die Last verursachte Verzerrung der Wellenform.</td>
</tr>
<tr>
<td>NR.</td>
<td>MASSNAHME:

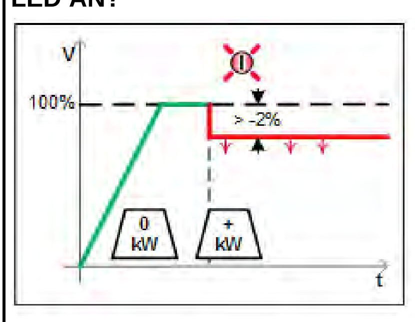
HALTEN SIE DEN WECHSELSTROMGENERATOR AN
Weitere Informationen erhalten Sie vom CGT Customer Support.</td>
</tr>
</table>

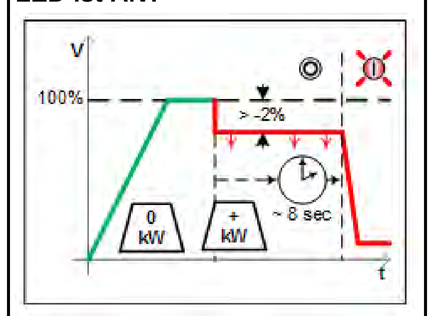
9.8.1 Spannung mit Last niedriger als erwartet

Der Wechselstromgenerator erzeugt eine Spannung, die niedriger als erwartet ist:

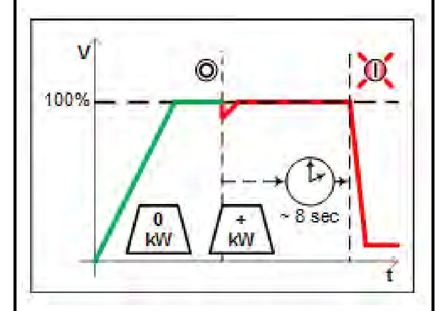
1. Starten Sie den Wechselstromgenerator und bringen Sie die Ausgangslast an, „On-Load“. Bereiten Sie sich auf das ANHALTEN vor!
2. Stellen Sie sicher, dass der Wechselstromgenerator die richtige Geschwindigkeit hat.
3. Messen Sie die Hauptklemmenausgangsspannung.

Ist die Spannung bei angelegter Last DAUERHAFT um mehr als -2 % zu NIEDRIG? 	JA	Es ist unwahrscheinlich, dass ein Problem mit der Hauptständerwicklung des Wechselstromgenerators vorliegt, es sei denn, die Phasenspannungen sind unausgeglichen.
		MASSNAHME:  **HALTEN SIE DEN WECHSELSTROMGENERATOR AN** Führen Sie die nachfolgend empfohlenen Schritte in der angegebenen Reihenfolge aus, bis die Ursache ermittelt wurde. 1. Überprüfen Sie die Last-/Geschwindigkeitsreaktion des Hauptantriebs. 2. Überprüfen Sie die AVR VOLTS-Einstellung und stellen Sie sie ein **Abschnitt 9.9.2 auf Seite 88**. 3. Überprüfen Sie die Komponenten des Drehgleichrichters **Abschnitt 9.9.10 auf Seite 93** , **Abschnitt 9.9.11 auf Seite 94**. 4. Überprüfen Sie das AVR-Zubehör und stellen Sie es ein **Abschnitt 9.9.5 auf Seite 91**, **Abschnitt 9.9.6 auf Seite 91**. 5. Überprüfen Sie die Last auf Fehler.
	NR.	Fahren Sie mit der nächsten Frage fort.

Ist die Spannung bei angelegter Last DAUERHAFT um mehr als -2 % ZU NIEDRIG und ist die AVR-LED AN? 	JA	**MASSNAHME:**  **HALTEN SIE DEN WECHSELSTROMGENERATOR AN** Führen Sie die nachfolgend empfohlenen Schritte in der angegebenen Reihenfolge aus, bis die Ursache ermittelt wurde. 1. Überprüfen Sie die Last-/Geschwindigkeitsreaktion des Hauptantriebs. 2. Überprüfen Sie die AVR UFRO-Einstellung und stellen Sie sie ein **Abschnitt 9.9.3 auf Seite 89**.
	NR.	Fahren Sie mit der nächsten Frage fort.

<table>
<tr>
<td rowspan="3">Ist die Spannung kurzzeitig für mehr als -2 % zu NIEDRIG, schaltet dann ab und die AVR-LED ist AN?

</td>
<td rowspan="2">JA</td>
<td>Es ist unwahrscheinlich, dass ein Problem mit der Hauptständerwicklung des Wechselstromgenerators vorliegt, es sei denn, die Phasenspannungen sind unausgeglichen.</td>
</tr>
<tr>
<td>
MASSNAHME:

HALTEN SIE DEN WECHSELSTROMGENERATOR AN
Führen Sie die nachfolgend empfohlenen Schritte in der angegebenen Reihenfolge aus, bis die Ursache ermittelt wurde.
Überprüfen Sie die Last-/Geschwindigkeitsreaktion des Hauptantriebs.
Überprüfen Sie die Komponenten des Drehgleichrichters
Abschnitt 9.9.10 auf Seite 93 ,
Abschnitt 9.9.11 auf Seite 94.
Überprüfen Sie auf übermäßige Last.</td>
</tr>
<tr>
<td>NR.</td>
<td>Fahren Sie mit der nächsten Frage fort.</td>
</tr>
</table>

<table>
<tr>
<td rowspan="3">Ist die Spannung kurzzeitig NORMAL, schaltet dann ab und die AVR-LED ist AN?

</td>
<td rowspan="2">JA</td>
<td>Es ist unwahrscheinlich, dass ein Problem mit der Hauptständerwicklung des Wechselstromgenerators vorliegt, es sei denn, die Phasenspannungen sind unausgeglichen.</td>
</tr>
<tr>
<td>MASSNAHME:

HALTEN SIE DEN WECHSELSTROMGENERATOR AN
Führen Sie die nachfolgend empfohlenen Schritte in der angegebenen Reihenfolge aus, bis die Ursache ermittelt wurde.
Überprüfen Sie die Komponenten des Drehgleichrichters
Abschnitt 9.9.10 auf Seite 93,
Abschnitt 9.9.11 auf Seite 94.
Überprüfen Sie auf übermäßige Last.</td>
</tr>
<tr>
<td>NR.</td>
<td>MASSNAHME:

HALTEN SIE DEN WECHSELSTROMGENERATOR AN
Weitere Informationen erhalten Sie vom CGT Customer Support.</td>
</tr>
</table>

9.9 Verfahren

⚠ ACHTUNG

Herausgeschleuderte Generatorteile
Bei einem Totalausfall herausgeschleuderte Generatorteile können zu schweren Verletzungen oder Tod durch Stoß, Abschneiden oder Durchstich führen.
Zur Vermeidung von Verletzungen Folgendes beachten:

- **Halten Sie sich bei laufendem Generator vom Luftein- bzw. -auslass fern.**
- **Bringen Sie keine Bedienelemente in der Nähe des Luftein- bzw. -auslasses an.**
- **Do not cause overheating by running the alternator outside rating plate parameters.**
- **Do not overload the alternator.**
- **Do not run an alternator with excessive vibration.**
- **Do not sychronize parallel alternators outside the specified parameters.**

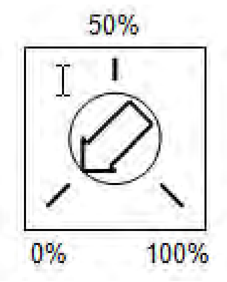
9.9.2 Einstellen der AVR [VOLTS]-Spannungsregelung

HINWEIS

Die Klemmen von Hand-Trimmern können ein höheres Potenzial als das Erdungspotenzial aufweisen. Erden Sie die Klemmen des Hand-Trimmers nicht. Die Erdung der Klemmen des Hand-Trimmers könnte die Ausrüstung beschädigen.

Gehen Sie wie folgt vor, um die AVR [VOLTS]-Regelung der Ausgangsspannung für den AVR einzustellen:

1. Überprüfen Sie das Typenschild des Wechselstromgenerators, um die sichere vorgesehene Betriebsspannung zu bestätigen.
2. Stellen Sie die **AVR [VOLTS]-**Regelung auf 0 %, die vollständig gegen den Uhrzeigersinn gedrehte Position.



3. Überprüfen Sie, ob der externe Hand-Trimmer angebracht ist oder die Klemmen 1 und 2 verbunden sind.

HINWEIS

Wenn ein externer Hand-Trimmer angeschlossen ist, setzen Sie ihn auf 50 %, die mittlere Position.

4. Drehen Sie die **AVR [STAB]**-Regelung in die mittlere Position.
5. Starten Sie den Wechselstromgenerator und betreiben Sie ihn mit der richtigen Betriebsgeschwindigkeit.
6. Wenn die rote LED (Light Emitting Diode) leuchtet, gehen Sie vor, wie für die **AVR [UFRO]**-Einstellung (Unterfrequenzschutz) beschrieben.

7. Passen Sie die **AVR [VOLTS]**-Regelung langsam im Uhrzeigersinn an, um die Ausgangsspannung zu erhöhen.

HINWEIS
Wenn die Spannung instabil ist, richten Sie die AVR-Stabilität ein, bevor Sie fortfahren Abschnitt 9.9.4 auf Seite 90.

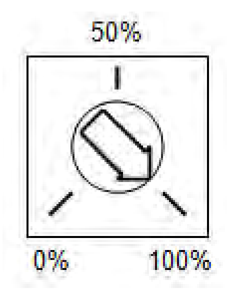
8. Stellen Sie die Ausgangsspannung auf den gewünschten Nennwert ein (V_{ac}).
9. Falls an der Nennspannung eine Instabilität vorliegt, gehen Sie vor, wie für die **AVR [STAB]**-Einstellung beschrieben, und stellen Sie dann **AVR [VOLTS]** gegebenenfalls neu ein.
10. Falls ein externer Hand-Trimmer angeschlossen ist, überprüfen Sie, ob er ordnungsgemäß funktioniert.

HINWEIS
0 % bis 10 0% Drehung entspricht 90 % bis 110 % V_{ac}

Die **AVR [VOLTS]**-Regelung ist damit eingestellt.

9.9.3 Einstellung der AVR UFRO-Regelung (Under-Frequency Roll-Off, Schutzschaltung gegen Unterspannungsabfall)

1. Stellen Sie die **AVR [UFRO]-**Regelung auf 100 %, die vollständig im Uhrzeigersinn gedrehte Position.



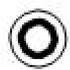
2. Starten Sie den Wechselstromgenerator und betreiben Sie ihn mit der richtigen Betriebsgeschwindigkeit.
3. Überprüfen Sie, ob die Wechselstromgeneratorspannung korrekt und stabil ist.

HINWEIS
Falls die Spannung zu hoch/niedrig/instabil ist, gehen Sie nach Methode Abschnitt 9.9.2 auf Seite 88 oder Abschnitt 9.9.4 auf Seite 90 vor, bevor Sie fortfahren.

4. Reduzieren Sie die Geschwindigkeit des Wechselstromgenerators auf ca. 95 % der korrekten Betriebsgeschwindigkeit, d. h. 47,5 Hz für einen 50-Hz-Betrieb, 57,0 Hz für einen 60-Hz-Betrieb.
5. Passen Sie die **AVR [UFRO]**-Regelung langsam gegen den Uhrzeigersinn an, bis die AVR-LED leuchtet.

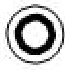


6. Passen Sie die **AVR [UFRO]**-Regelung langsam im Uhrzeigersinn an, bis die AVR-LED AUS ist.



HINWEIS
Regeln Sie nicht über den Punkt hinaus, an dem die LED auf AUS gewechselt hat.

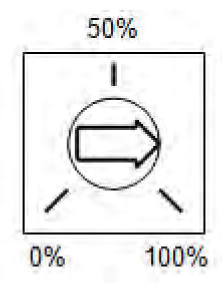
7. Stellen Sie die Geschwindigkeit des Wechselstromgenerators wieder auf 100 % des Nennwerts ein. Die LED sollte erlöschen.



Die **AVR [UFRO]**-Regelung ist damit eingestellt.

9.9.4 Richten Sie die AVR [STAB]-Stabilitätskontrolle ein

1. Überprüfen Sie auf dem Typenschild die Leistungsauslegung des Wechselstromgenerators.
2. Überprüfen Sie, ob die Brückenverbindung oder die Drehschalterauswahl (abhängig vom AVR-Typ) mit der Leistungsauslegung des Wechselstromgenerators übereinstimmt, um optimale Stabilität zu erhalten.
3. Stellen Sie die **AVR [STAB]**-Regelung auf eine Position von ca. 75 %.



4. Starten Sie den Wechselstromgenerator und betreiben Sie ihn mit der richtigen Betriebsgeschwindigkeit.
5. Überprüfen Sie, ob die Spannung des Wechselstromgenerators innerhalb der sicheren Grenzwerte liegt.

HINWEIS
Wenn die Spannung instabil ist, fahren Sie sofort mit Schritt 5 fort.

6. Stellen Sie die **AVR [STAB]**-Regelung langsam gegen den Uhrzeigersinn ein, bis die Ausgangsspannung instabil wird.
7. Stellen Sie die **AVR [STAB]**-Regelung langsam im Uhrzeigersinn ein, bis die Spannung instabil wird.
8. Drehen Sie die **AVR [STAB]**-Regelung um 5 % weiter im Uhrzeigersinn.

HINWEIS
Passen Sie den Spannungspegel gegebenenfalls neu ein (siehe Abschnitt 9.9.2 auf Seite 88).

Die **AVR [STAB]**-Regelung ist damit eingestellt.

9.9.5 Einstellung des AVR DROOP-Regelung der Proportionalabweichung der Spannung für den Parallelbetrieb

Für einen stabilen Parallelbetrieb ist ein ordnungsgemäß montierter und eingestellter Droop-Stromtransformator (CT) unabdingbar.

1. Montieren Sie den Droop-CT am richtigen Phasenkontakt der Hauptausgangswicklungen des Wechselstromgenerators.
2. Schließen Sie die beiden Sekundärkontakte S1 und S2 vom CT an die Klemmen S1 und S2 des AVR an.
3. Drehen Sie die **AVR [DROOP]**-Regelung in die mittlere Position.
4. Starten Sie die Wechselstromgeneratoren und betreiben Sie sie mit der richtigen Betriebsgeschwindigkeit und -spannung.
5. Schließen Sie die Wechselstromgeneratoren gemäß den Installationsregeln und -verfahren parallel.
6. Stellen Sie die **AVR [DROOP]**-Regelung so ein, dass der erforderliche Ausgleich zwischen den individuellen Wechselstromgenerator-Ausgangsströmen erzeugt wird. Stellen Sie den AVR-Droop ohne Last ein und überprüfen Sie anschließend die Ströme, wenn die Ausgangslast angewendet wird („On-Load“).
7. Wenn die Ausgangsströme der einzelnen Wechselstromgeneratoren unkontrolliert steigen (oder fallen), isolieren Sie die Wechselstromgeneratoren und überprüfen Folgendes:
   - Der Droop-Transformator ist an die richtige Phase angeschlossen und besitzt die richtige Polarität (siehe Schaltplan der Maschine).
   - Die Sekundärkontakte S1 und S2 des Droop-Transformators sind an die AVR-Klemmen S1 und S2 angeschlossen.
   - Der Droop-Transformator besitzt die richtige Auslegung.

9.9.6 Anschließen und Einrichten des externen Hand-Trimmers

Ein externer Hand-Trimmer kann die Feineinstellung der Spannung vereinfachen (in der Regel +/- 10 % Spannung). Dies ist vor allem bei Installationen mit mehreren parallel geschlossenen Wechselstromgeneratoren sehr nützlich.

1. Montieren Sie den externen Hand-Trimmer an der dafür vorgesehenen Position am Generatorsatz.
2. Schließen Sie den externen Hand-Trimmer wie auf dem Schaltplan des Wechselstromgenerators gezeigt an (in der Regel an die AVR-Klemmen 1 und 2). Überprüfen Sie, ob eine Drehung im Uhrzeigersinn den Widerstand an den Klemmen 1 und 2 verringert.
3. Bringen Sie den externen Hand-Trimmer in die mittlere Position.
4. Starten Sie die Wechselstromgeneratoren und betreiben Sie sie mit der richtigen Betriebsgeschwindigkeit und -spannung über die AVR-Spannungsregelung.
5. Drehen Sie den externen Hand-Trimmer langsam gegen den Uhrzeigersinn, um den Ausgangsbereich des Wechselstromgenerators zu überprüfen.

6. Wenn der Betrieb des Trimmers in die andere Richtung verläuft, korrigieren Sie die Verdrahtung an der Rückseite des Hand-Trimmers. Kehren Sie nicht die Verdrahtung der AVR-Klemmen 1 und 2 (siehe Schritt 2 oben) um.

9.9.7 Messen und Überprüfen der Restspannung (nur selbsterregte Maschinen)

Rest- oder Remanenzspannung ist die kleine Spannung, die der Wechselstromgenerator erzeugt, wenn der Erregerfeldstrom 0 ist und der Wechselstromgenerator bei Nenngeschwindigkeit läuft (während er von externen Lasten oder Versorgungen getrennt ist).

1. Trennen Sie die Erregerfeldkontakte F1 und F2 vom AVR und sichern Sie sie.
2. Stellen Sie sicher, dass keine Lasten oder externe Versorgungen an die Klemmen des Wechselstromgenerators angeschlossen sind.
3. Starten Sie den Wechselstromgenerator und betreiben Sie ihn mit der richtigen Betriebsgeschwindigkeit.
4. Messen Sie die Spannung an den AVR-Eingangsklemmen 7 und 8 (oder P2 und P3). Für AVRs SX460*, AS480*, AS440* und SX421 sollte diese Spannung mindestens 6 V_{AC} betragen.[3]
5. Wenn die gemessene Spannung unterhalb des Mindestwerts liegt, stellen Sie die Restspannung wieder her **Abschnitt 9.9.22 auf Seite 100**.

9.9.8 Messen und Überprüfen der AVR-Abtastspannung

Die AVR-Abtastspannung ist ein fester Anteil der Hauptausgangsspannung des Wechselstromgenerators, die vom AVR für die Spannungsregelung verwendet wird. Wenn die Abtastspannung keine gute und stabile Darstellung des Ausgangs ist, regelt der AVR den Ausgang nicht ordnungsgemäß.

Die Abtastspannung an den AVR-Klemmen 6 (nur MX321), 7 und 8 kann auf Restspannungsniveau sicher gemessen werden.

1. Trennen Sie die Erregerfeldkontakte F1 und F2 vom AVR und sichern Sie sie.
2. Stellen Sie sicher, dass keine Lasten oder externe Versorgungen an die Klemmen des Wechselstromgenerators angeschlossen sind.
3. Starten Sie den Wechselstromgenerator und betreiben Sie ihn mit der richtigen Betriebsgeschwindigkeit.
4. Messen Sie die Spannung paarweise zwischen den AVR-Eingangsklemmen 6, 7 und 8 (V_{r67}, V_{r78}, V_{r86}).

HINWEIS
Der Index 'r' gibt an, dass der Wert bei in Betrieb befindlichem Wechselstromgenerator ohne Erregung gemessen wird, d. h. Restspannungsniveaus.

[3] * Einschließlich der Derivate von Underwriter's Laboratories (UL), d. h. SX460UL, AS480UL und AS440UL.

9.9.9 Messen und Überprüfen der PMG-Ausgangsspannung

Für einen ordnungsgemäßen Betrieb des AVR muss der Ausgang des PMG innerhalb der vorgegebenen Spannungsgrenzwerte liegen. Falls die PMG-Spannung zu niedrig oder zu hoch ist, kann der AVR die Ausgabe des Wechselstromgenerators möglicherweise nicht ordnungsgemäß regeln.

1. Trennen Sie die drei PMG-Ausgangskontakte (P2, P3 und P4) von den AVR-Eingangsverbindungen.
2. Schließen Sie ein Multimeter sicher an die PMG-Ausgangskontakte an.
3. Starten Sie den Wechselstromgenerator und betreiben Sie ihn mit der richtigen Betriebsgeschwindigkeit.
4. Messen Sie die Spannung paarweise zwischen den PMG-Ausgangskontakten P2, P3 & P4 (V_{P2P3}, V_{P3P4}, V_{P4P2}).

Für einen ordnungsgemäßen Betrieb sollten die PMG-Ausgangsspannungen zwischen den folgenden Grenzwerten liegen:

$170 < V_{p2p3} < 185$ @ 50 Hz,

$170 < V_{p3p4} < 185$ @ 50 Hz,

$170 < V_{p4p2} < 185$ @ 50 Hz oder

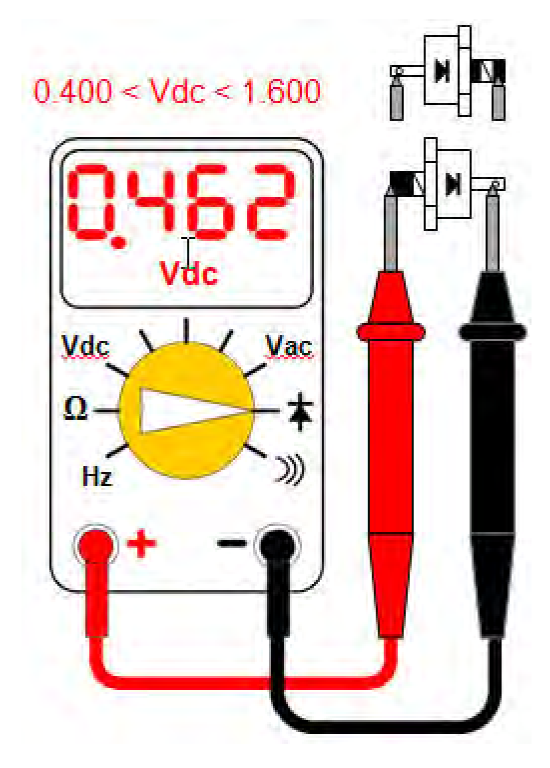
$200 < V_{p2p3} < 220$ @ 60 Hz,

$200 < V_{p3p4} < 220$ @ 60 Hz,

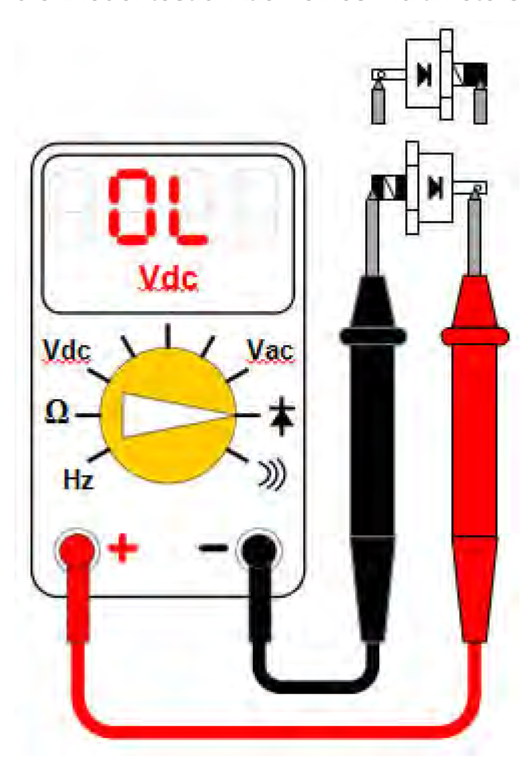
$200 < V_{p4p2} < 220$ @ 60 Hz.

9.9.10 Überprüfen der Dioden des Drehgleichrichters

1. Trennen Sie den Kontakt einer Diode, wo sie in die Wicklungen eintritt, an der isolierten Anschlussklemme. Bewahren Sie die Befestigungen und Unterlegscheiben auf.
2. Messen Sie den Spannungsabfall über die Diode in Vorwärtsrichtung. Verwenden Sie dazu die Diodentestfunktion eines Multimeters.



3. Messen Sie den Widerstand über die Diode in Rückwärtsrichtung. Verwenden Sie dazu die Diodentestfunktion eines Multimeters.



4. Die Diode ist defekt, wenn der Spannungsabfall in Vorwärtsrichtung außerhalb eines Bereichs von 0,4 bis 1,6 V liegt, oder wenn der Widerstand in umgekehrter Richtung kleiner als 20 MΩ ist.
5. Wiederholen Sie die vorigen Schritte für die restlichen fünf Dioden.
6. Falls eine Diode defekt ist, tauschen Sie den kompletten Satz mit sechs Dioden wie folgt aus (selber Typ, selber Hersteller):
   a. Entfernen Sie die ursprünglichen Dioden.
   b. Tragen Sie eine kleine Menge Wärmeableitpaste **nur** auf die Basis der Austauschdioden auf, nicht auf die Gewinde.
   c. Überprüfen Sie die Polarität der Austauschdioden.
   d. Schrauben Sie alle Austauschdioden in ein Gewindeloch der Gleichrichterplatte.
   e. Ziehen Sie jede Diode mit dem im Installations-, Service- und Wartungshandbuch angegebenen Drehmoment an, um einen guten mechanischen, elektrischen und thermischen Kontakt herzustellen.
   f. Tauschen Sie beide Varistoren durch ein gleichwertiges Paar aus (selber Typ, selber Hersteller und selbe Spannungsklasse: A, B, C, D, E, F)
7. Schließen Sie ihn wieder an und stellen Sie sicher, dass alle Kontakte fest sitzen, die Unterlegscheiben angebracht und die Befestigungen angezogen sind.

9.9.11 Überprüfen der Varistoren des Drehgleichrichters

1. Überprüfen Sie beide Varistoren.
2. Ein Varistor ist defekt, wenn es Anzeichen für Überhitzung (Farbverblassung, Blasen, geschmolzene Stellen) oder Auflösung gibt.
3. Trennen Sie einen Varistorkontakt. Bewahren Sie die Befestigungen und Unterlegscheiben auf.

4. Messen Sie den Widerstand über jeden Varistor. Fehlerfreie Varistoren haben einen Widerstand höher 100 MΩ.
5. Ein Varistor ist defekt, wenn der Widerstand in eine Richtung kurzgeschlossen oder unterbrochen ist.
6. Wenn ein Varistor defekt ist, tauschen Sie beide Varistoren durch ein gleichwertiges Paar aus (selber Typ, selber Hersteller und selbe Spannungsklasse: A, B, C, D, E, F) und tauschen Sie alle Dioden aus.
7. Schließen Sie ihn wieder an und stellen Sie sicher, dass alle Kontakte fest sitzen, die Unterlegscheiben angebracht und die Befestigungen angezogen sind.

9.9.12 Messen und Überprüfen des Widerstands des Erregerständers

1. Halten Sie den Wechselstromgenerator an.
2. Trennen Sie die Erregerfeldkontakte F1 und F2 vom AVR.
3. Messen Sie den elektrischen Widerstand zwischen F1 und F2 mit einem Multimeter.
4. Der Widerstand sollte zwischen ca. 15 Ω und 20 Ω bei 20 °C liegen. Spezifische Werte finden Sie im Kapitel "Technische Daten" im Installations-, Service- und Wartungshandbuch.
5. Schließen Sie die Erregerfeldkontakte F1 und F2 wieder an den AVR an.
6. Zeichnen Sie Ihre Messungen in einer Kopie des Protokolls für die Fehlersuche auf **Kapitel 10 auf Seite 103**.

9.9.13 Messen und Überprüfen des Widerstands des Erregerläufers

1. Halten Sie den Wechselstromgenerator an.
2. Kennzeichnen Sie die an den Dioden an einer der beiden Gleichrichterplatten angebrachten Kontakte.
3. Trennen Sie alle Erregerläuferkontakte von allen Dioden am Gleichrichter.
4. Messen Sie den elektrischen Widerstand paarweise zwischen den gekennzeichneten Kontakten (zwischen Phasenwicklungen). Dazu muss ein spezielles Mikro-Ohmmeter verwendet werden.
5. Der Phase/Phase-Widerstand sollte zwischen ca. 0,07 Ω und 0,20 Ω bei 20 °C liegen. Spezifische Werte finden Sie im Kapitel "Technische Daten" im Installations-, Service- und Wartungshandbuch.
6. Schließen Sie alle Erregerläuferkontakte wieder an die Dioden an.
7. Zeichnen Sie Ihre Messungen in einer Kopie des Protokolls für die Fehlersuche auf **Kapitel 10 auf Seite 103**.

9.9.14 Messen und Überprüfen den Widerstand des Hauptständers

1. Halten Sie den Wechselstromgenerator an.
2. Trennen Sie die beiden Gleichstromkontakte des Hauptläufers von den Gleichrichterplatten.
3. Messen Sie den elektrischen Widerstand zwischen den Hauptläuferkontakten. Dazu muss ein spezielles Mikro-Ohmmeter verwendet werden.

4. Der Widerstand sollte zwischen ca. 0,4 Ω und 2,80 Ω bei 20 °C liegen. Spezifische Werte finden Sie im Kapitel "Technische Daten" im Installations-, Service- und Wartungshandbuch.
5. Bringen Sie die beiden Gleichstromkontakte des Hauptläufers wieder an den Gleichrichterplatten an.
6. Stellen Sie sicher, dass die Befestigungselemente fest sitzen.
7. Zeichnen Sie Ihre Messungen in einer Kopie des Protokolls für die Fehlersuche auf **Kapitel 10 auf Seite 103**.

9.9.15 Messen und überprüfen Sie den Widerstand des Hauptständers

1. Halten Sie den Wechselstromgenerator an.
2. Trennen Sie alle Sternpunktkontakte des Hauptständers von der Neutralklemme des Ausgangs.
3. Schließen Sie alle U-Phasen-Sternpunktkontakte zusammen.
4. Messen Sie den elektrischen Widerstand zwischen den verbundenen U-Phasen-Sternpunktkontakten und der U-Phasen-Ausgangsklemme. Dazu muss ein spezielles Mikro-Ohmmeter verwendet werden.
5. Schließen Sie alle V-Phasen-Sternpunktkontakte zusammen.
6. Messen Sie den elektrischen Widerstand zwischen den verbundenen U-Phasen-Sternpunktkontakten und der V-Phasen-Ausgangsklemme. Dazu muss ein spezielles Mikro-Ohmmeter verwendet werden.
7. Schließen Sie alle W-Phasen-Sternpunktkontakte zusammen.
8. Messen Sie den elektrischen Widerstand zwischen den verbundenen U-Phasen-Sternpunktkontakten und der W-Phasen-Ausgangsklemme. Dazu muss ein spezielles Mikro-Ohmmeter verwendet werden.
9. Der gemessene Widerstand sollte zwischen ca. 0,25 Ω und 2,0 Ω bei 20 °C liegen. Spezifische Werte finden Sie im Kapitel "Technische Daten" im Installations-, Service- und Wartungshandbuch.
10. Schließen Sie alle Sternpunktkontakte des Hauptständers wieder an die Neutralklemme des Ausgangs an.
11. Stellen Sie sicher, dass die Befestigungselemente fest sitzen.
12. Zeichnen Sie Ihre Messungen in einer Kopie des Protokolls für die Fehlersuche auf **Kapitel 10 auf Seite 103**.

9.9.16 Messen und Überprüfen des Widerstands des PMG-Ständers

1. Halten Sie den Wechselstromgenerator an.
2. Trennen Sie die drei PMG-Ausgangskontakte P2, P3 und P4 vom AVR.
3. Messen Sie den elektrischen Widerstand paarweise zwischen den PMG-Ausgangskontakten mit einem Multimeter.
4. Der Phase/Phase-Widerstand sollte zwischen ca. 2,5 Ω und 6 Ω bei 20 °C liegen. Spezifische Werte finden Sie im Kapitel "Technische Daten" im Installations-, Service- und Wartungshandbuch.
5. Schließen Sie die drei PMG-Ausgangskontakte P2, P3 und P4 wieder an den AVR an.

6. Stellen Sie sicher, dass die Befestigungselemente fest sitzen.
7. Zeichnen Sie Ihre Messungen in einer Kopie des Protokolls für die Fehlersuche auf **Kapitel 10 auf Seite 103**.

9.9.17 Messen und Überprüfen des Isolationswiderstands des Erregerständers

TABELLE 14. TESTSPANNUNG UND MINIMALER AKZEPTABLER ISOLATIONSWIDERSTAND FÜR NEUE UND IN BETRIEB BEFINDLICHE WECHSELSTROMGENERATOREN

	Test Spannung (V)	Minimaler Isolationswiderstand nach 1 Minute (MΩ)	
		Neu	In Betrieb befindlich
Erregerständer	500	10	5

1. Überprüfen Sie die Wicklungen auf mechanische Beschädigungen oder Farbverblassung durch Überhitzung. Reinigen Sie die Isolierung, falls sich dort hygroskopischer Staub und Schmutz abgelagert haben.
2. Verbinden Sie beide Enden der Wicklung (falls möglich).
3. Legen Sie die Testspannung aus der Tabelle zwischen der Wicklung und Masse an.
4. Messen Sie den Isolationswiderstand nach 1 Minute (IR_{1min}).
5. Leiten Sie die Testspannung fünf Minuten lang ab.
6. Falls der gemessene Isolationswiderstand kleiner als der minimale akzeptable Wert ist, trocknen Sie die Isolierung und wiederholen die Methode.
7. Wiederholen Sie die Methode für jede Wicklung.
8. Entfernen Sie die für den Test vorgenommenen Verbindungen.
9. Zeichnen Sie Ihre Messungen in einer Kopie des Protokolls für die Fehlersuche auf **Kapitel 10 auf Seite 103**.

9.9.18 Messen und Überprüfen des Isolationswiderstands des Erregerläufers

TABELLE 15. TESTSPANNUNG UND MINIMALER AKZEPTABLER ISOLATIONSWIDERSTAND FÜR NEUE UND IN BETRIEB BEFINDLICHE WECHSELSTROMGENERATOREN

	Test Spannung (V)	Minimaler Isolationswiderstand nach 1 Minute (MΩ)	
		Neu	In Betrieb befindlich
Erregerläufer	500	10	5

1. Überprüfen Sie die Wicklungen auf mechanische Beschädigungen oder Farbverblassung durch Überhitzung. Reinigen Sie die Isolierung, falls sich dort hygroskopischer Staub und Schmutz abgelagert haben.
2. Schließen Sie die drei Kontakte aller Phasenwicklungen zusammen (falls möglich).
3. Wenden Sie die Testspannung aus der Tabelle zwischen der Wicklung und Masse an.

4. Messen Sie den Isolationswiderstand nach 1 Minute (IR_{1min}).
5. Leiten Sie die Testspannung fünf Minuten lang ab.
6. Falls der gemessene Isolationswiderstand kleiner als der minimale akzeptable Wert ist, trocknen Sie die Isolierung und wiederholen die Methode.
7. Entfernen Sie die für den Test vorgenommenen Verbindungen.
8. Zeichnen Sie Ihre Messungen in einer Kopie des Protokolls für die Fehlersuche auf **Kapitel 10 auf Seite 103**.

9.9.19 Messen und Überprüfen des Isolationswiderstands des Hauptläufers

TABELLE 16. TESTSPANNUNG UND MINIMALER AKZEPTABLER ISOLATIONSWIDERSTAND FÜR NEUE UND IN BETRIEB BEFINDLICHE WECHSELSTROMGENERATOREN

	Test Spannung (V)	**Minimaler Isolationswiderstand nach 1 Minute (MΩ)**	
		Neu	**In Betrieb befindlich**
Erregerläufer, Gleichrichter und Hauptläufer in Kombination	500	10	5

1. Überprüfen Sie die Wicklungen auf mechanische Beschädigungen oder Farbverblassung durch Überhitzung. Reinigen Sie die Isolierung, falls sich dort hygroskopischer Staub und Schmutz abgelagert haben.
2. Verbinden Sie beide Enden der Wicklung (falls möglich).
3. Legen Sie die Testspannung aus der Tabelle zwischen der Wicklung und Masse an.
4. Messen Sie den Isolationswiderstand nach 1 Minute (IR_{1min}).
5. Leiten Sie die Testspannung fünf Minuten lang ab.
6. Falls der gemessene Isolationswiderstand kleiner als der minimale akzeptable Wert ist, trocknen Sie die Isolierung und wiederholen die Methode.
7. Entfernen Sie die für den Test vorgenommenen Verbindungen.
8. Zeichnen Sie Ihre Messungen in einer Kopie des Protokolls für die Fehlersuche auf **Kapitel 10 auf Seite 103**.

9.9.20 Messen und Überprüfen des Isolationswiderstand des Hauptständers

TABELLE 17. TESTSPANNUNG UND MINIMALER AKZEPTABLER ISOLATIONSWIDERSTAND FÜR NEUE UND IN BETRIEB BEFINDLICHE WECHSELSTROMGENERATOREN

	Test Spannung (V)	Minimaler Isolationswiderstand nach 1 Minute (MΩ)	
		Neu	In Betrieb befindlich
Hauptständer	500	10	5

1. Überprüfen Sie die Wicklungen auf mechanische Beschädigungen oder Farbverblassung durch Überhitzung. Reinigen Sie die Isolierung, falls sich dort hygroskopischer Staub und Schmutz abgelagert haben.
2. Trennen Sie den Null/Erde-Leiter (falls vorhanden).
3. Schließen Sie die drei Kontakte aller Phasenwicklungen zusammen (falls möglich).
4. Wenden Sie die Testspannung aus der Tabelle zwischen allen Phasenkontakten und Masse an.
5. Messen Sie den Isolationswiderstand nach 1 Minute (IR_{1min}).
6. Leiten Sie die Testspannung fünf Minuten lang ab.
7. Falls der gemessene Isolationswiderstand kleiner als der minimale akzeptable Wert ist, trocknen Sie die Isolierung und wiederholen die Methode.
8. Schließen Sie den Null/Erde-Leiter (falls vorhanden) wieder an.
9. Zeichnen Sie Ihre Messungen in einer Kopie des Protokolls für die Fehlersuche auf Kapitel 10 auf Seite 103.

9.9.21 Messen und Überprüfen des Isolationswiderstands des PMG-Ständers

TABELLE 18. TESTSPANNUNG UND MINIMALER AKZEPTABLER ISOLATIONSWIDERSTAND FÜR NEUE UND IN BETRIEB BEFINDLICHE WECHSELSTROMGENERATOREN

	Test Spannung (V)	Minimaler Isolationswiderstand nach 1 Minute (MΩ)	
		Neu	In Betrieb befindlich
PMG-Ständer	500	5	3

1. Überprüfen Sie die Wicklungen auf mechanische Beschädigungen oder Farbverblassung durch Überhitzung. Reinigen Sie die Isolierung, falls sich dort hygroskopischer Staub und Schmutz abgelagert haben.
2. Schließen Sie die drei Kontakte aller Phasenwicklungen zusammen (falls möglich).
3. Wenden Sie die Testspannung aus der Tabelle zwischen der Wicklung und Masse an.
4. Messen Sie den Isolationswiderstand nach 1 Minute (IR_{1min}).
5. Leiten Sie die Testspannung fünf Minuten lang ab.

6. Falls der gemessene Isolationswiderstand kleiner als der minimale akzeptable Wert ist, trocknen Sie die Isolierung und wiederholen die Methode.
7. Wiederholen Sie die Methode für jede Wicklung.
8. Entfernen Sie die für den Test vorgenommenen Verbindungen.
9. Zeichnen Sie Ihre Messungen in einer Kopie des Protokolls für die Fehlersuche auf Kapitel 10 auf Seite 103.

9.9.22 Wiederherstellung der Restspannung

⚠ GEFAHR

Spannungsführende elektrische Leiter

Spannungsführende elektrische Leiter an den Ausgangs- und AVR-Anschlussklemmen und am AVR-Kühlkörper können zu schweren Verletzungen durch Stromschlag und Verbrennungen führen.

Ergreifen Sie entsprechende Vorsichtsmaßnahmen einschließlich Persönlicher Schutzausrüstung, Isolierung, Absperrungen und isoliertes Werkzeug, um einen Kontakt mit spannungsführenden Leitungen und somit Verletzungen zu vermeiden.

⚠ GEFAHR

Batteriekurzschluss

Eine plötzliche Batterieentladung durch Kurzschluss kann zu schweren Verletzungen und Tod durch Stromschlag und Verbrennungen führen.

Bauen Sie eine 5-A-Sicherung ein, und verwenden Sie isolierte Leiter und Werkzeuge, um Verletzungen zu vermeiden.

⚠ ACHTUNG

Batteriesäure

Der Kontakt mit Batteriesäure kann zu schweren Verletzungen durch Verätzung der Haut und der Augen führen.

Tragen Sie eine geeignete Persönliche Schutzausrüstung (PSA), um Verletzungen vorzubeugen. Stellen Sie die Batterie sicher auf eine ebene Fläche ab, um den Austritt von Batteriesäure zu vermeiden.

HINWEIS

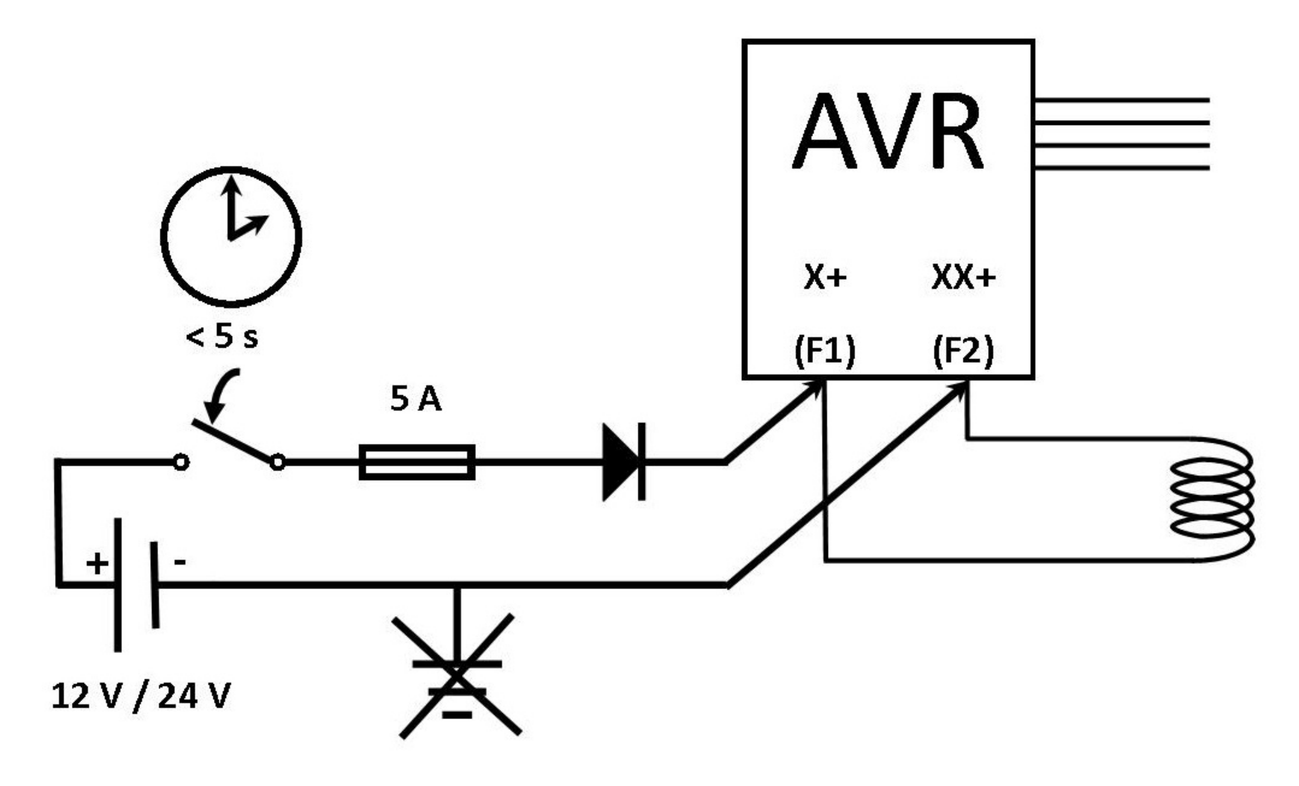
Gefahr einer dauerhaften Beschädigung des AVR. Der AVR wird zerstört, wenn eine Batterie mit fehlerhafter Polarität oder ohne eine Diode der richtigen Polarität im Schaltkreis angeschlossen wird. Halten Sie die nachfolgend beschriebenen Schritte sorgfältig ein und überprüfen Sie die Batteriepolarität, bevor Sie den AVR anschließen.

Der beschichtete Stahlkerns des Erregerständers behält eine Rest- oder Remanenzmagnetisierung bei. Die vom Erregerläufer, der sich in diesem Magnetfeld dreht, erzeugte Restspannung versorgt den AVR beim Starten des Wechselstromgenerators. Für den ordnungsgemäßen Betrieb eines AVR ohne PMG ist eine Mindestrestspannung erforderlich. Die Restmagnetisierung kann verloren gehen, wenn

- der beschichtete Kern eine mechanische Erschütterung erfährt
- die Erregerständerwicklung ausgetauscht (neu gewickelt) wird
- die Magnetisierung im Verlauf einer mehrjährigen Einlagerung abgenommen hat
- die Restmagnetisierung durch eine fehlerhafte Anwendung dieses Verfahrens umgekehrt wurde.

Eine verlorene oder schwache Restmagnetisierung wird wie folgt wiederhergestellt:

ABBILDUNG 8. TEMPORÄRER SCHALTKREIS FÜR DIE WIEDERHERSTELLUNG EINER RESTSPANNUNG



1. Bringen Sie gesichert eine vollständig geladene 12-V_{DC}- oder 24-V_{DC}-Fahrzeugbatterie mit Bleisäure in der Nähe des Wechselstromgenerators an. Die Starterbatterie des Generatorsatzes kann **nur** verwendet werden, wenn sie nach dem Starten des Motors **vollständig** getrennt wird (einschließlich der Erdungsverbindung).
2. Schließen Sie den temporären Kreislauf wie in der obigen Abbildung gezeigt an. Sie können eine Ersatz-Gleichrichterdiode verwenden, die jedoch die richtige Polarität besitzen muss. Verwenden Sie die Dioden-Testfunktion eines Multimeters (siehe Abschnitt 9.9.10 auf Seite 93), um die Polarität einer Diode festzustellen.
3. Trennen Sie die Ausgangslast vom Wechselstromgenerator.
4. Betreiben Sie den Wechselstromgenerator ohne Last bei Nenngeschwindigkeit.
5. Schließen Sie den Schalter für maximal 5 Sekunden, um die Restmagnetisierung wiederherzustellen.
6. Halten Sie den Wechselstromgenerator an und entfernen Sie den vollständigen temporären Schaltkreis.
7. Betreiben Sie den Wechselstromgenerator ohne Last bei Nenngeschwindigkeit.
8. Messen Sie die Hauptklemmenausgangsspannung:
   - wenn die Wechselstromgeneratorausgabe die Nennspannung ausgibt, wurde die Restspannung wiederhergestellt.
   - wenn der Wechselstromgenerator die Nennspannung **nicht** ausgibt, tauschen Sie den defekten AVR aus. Wiederholen Sie dieses Verfahren ab Schritt 1.
9. Wenn die Restspannung über dieses Verfahren nicht wiederhergestellt werden kann, wenden Sie sich an den CGT Customer Support.

Leerseite

10 Protokoll für die Fehlersuche

HC Protokoll für die Fehlersuche						
Wechselstromgenerator Modell			**Serien-nummer**		**Betriebs-dauer**	Stunden
Wechselstromgenerator Spannung, V_G (V_{AC})	208	220	230	240	380	400
	415	440	480	600	690	Andere
AVR-Modell	AS440				Andere	
	MX341	MX321	DM110			
Ständer Anschluss	Seriell-Stern	Parallel-Stern	Seriell-Delta	Einzel-Phase	Andere	
Fehler Symptome und Beobachtungen:						

Messungen							
Rest-Spannung, V_A (V_{AC})		V_{rUV} =	V_{rVW} =	V_{rWU} =	$V_A = (V_{rUV} + V_{rVW} + V_{rWU})/3$ =		
AVR-Stromeingang					**AVR-Abtastung**		
AVR Modell	**Klemmen**	**Stromeingang Spannung (V_{AC})**			**Anforderung (V_{AC})**	**Klemmen**	**Abtast-Spannung (V_{AC})**
AS440	7 8*	V_{r78} =			$V_{r78} > 6$	7 8*	$V_B = V_{r78}$ =
MX341	P2 P3 P4	V_{P2P3} =	V_{P3P4} =	V_{P4P2} =	$170 < V_{P2P3} < 220$ $170 < V_{P3P4} < 220$ $170 < V_{P4P2} < 220$	2 3	$V_B = V_{r23}$ =
MX321	P2 P3 P4	V_{P2P3} =	V_{P3P4} =	V_{P4P2} =	$170 < V_{P2P3} < 220$ $170 < V_{P3P4} < 220$ $170 < V_{P4P2} < 220$	6 7 8	V_{r67} = V_{r78} = V_{r86} = $V_B = (V_{r67} + V_{r78} + V_{r86})/3$ =
Andere AVRs: Wenden Sie sich an CGT							

Berechnungen	
AVR-Abtastspannung, V_{Sen} aus Messungen (V_{AC})	**Anforderung (V_{AC})**
$V_{Sen} = V_G \times V_B / V_A$ = Wechselstromgenerator-Spannung (V_G) x Abtastspannung (V_B) / Restspannung (V_A) =	$190 < V_{Sen} < 240$

	Erreger-Ständer	**Erreger-Läufer**	**Haupt-Läufer**	**Haupt-Ständer**	**PMG-Ständer**

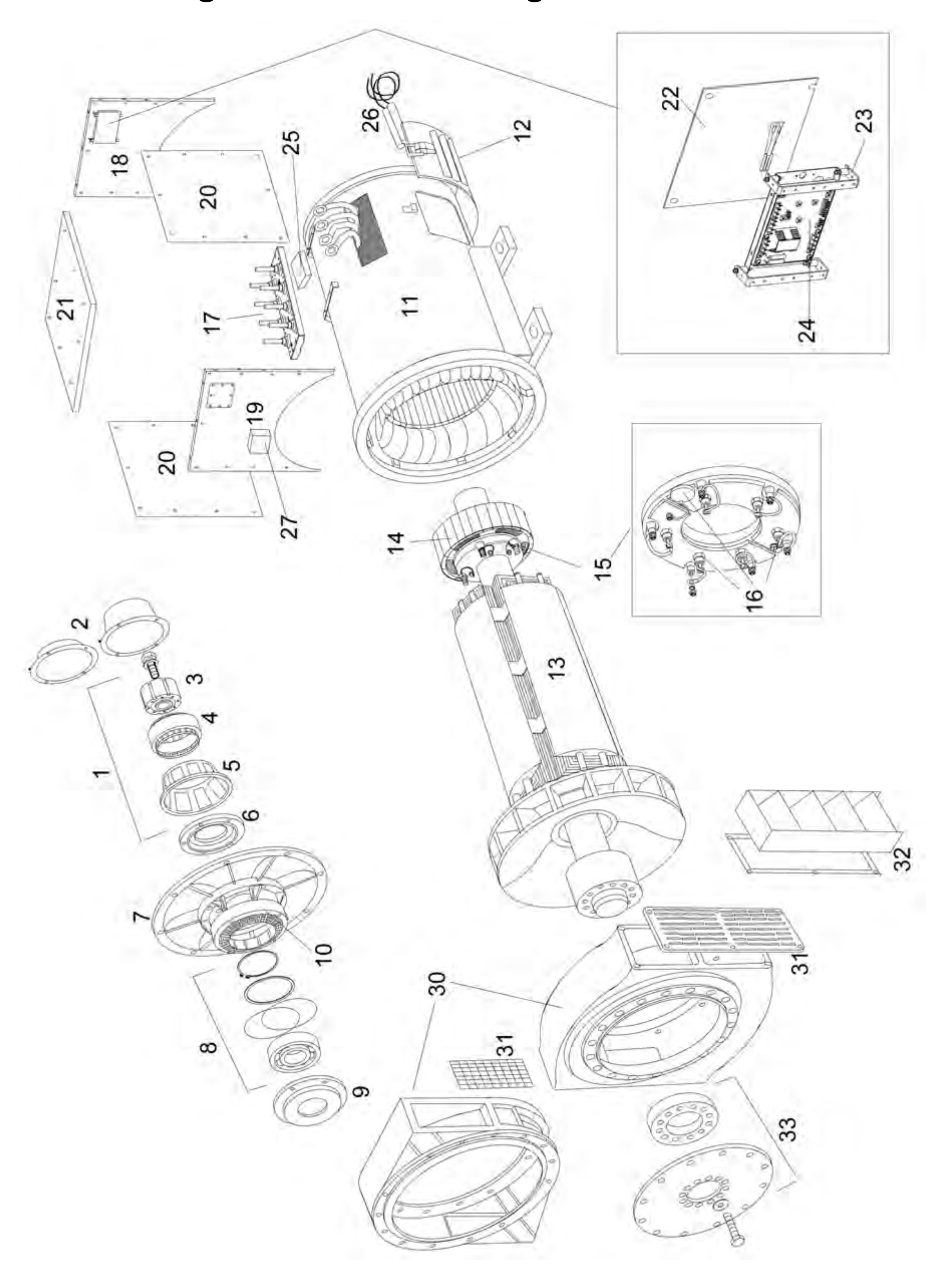
<table>
<tr><th colspan="12">HC Protokoll für die Fehlersuche</th></tr>
<tr><td>Widerstand (mΩ)</td><td>R =</td><td>R_{UV} =</td><td>R_{VW} =</td><td>R_{UW} =</td><td>R =</td><td>R_{U} =</td><td>R_{V} =</td><td>R_{W} =</td><td>R_{P2P3} =</td><td>R_{P3P4} =</td><td>R_{P2P4} =</td></tr>
<tr><td>Isolierung Widerstand (MΩ)</td><td>IR =</td><td colspan="3">IR_{UVW} =</td><td>IR =</td><td colspan="3">IR_{UVW} =</td><td colspan="3">IR_{P2P3P4} =</td></tr>
<tr><td>Aufzeichnungen des Technikers</td><td colspan="11"></td></tr>
<tr><td colspan="12">Dies ist eine präzise Aufzeichnung der Beobachtungen und Messungen gemäß der Fehlersuchmethode</td></tr>
<tr><td colspan="2">Service-Techniker</td><td colspan="2">Unterschrift</td><td colspan="2">Name</td><td colspan="3">Druckschrift</td><td>Datum</td><td colspan="2">tt/MMM/jj</td></tr>
<tr><td colspan="2">Eigentümer/ Genehmiger</td><td colspan="2">Unterschrift</td><td colspan="2">Name</td><td colspan="3">Druckschrift</td><td>Datum</td><td colspan="2">tt/MMM/jj</td></tr>
</table>

[4]

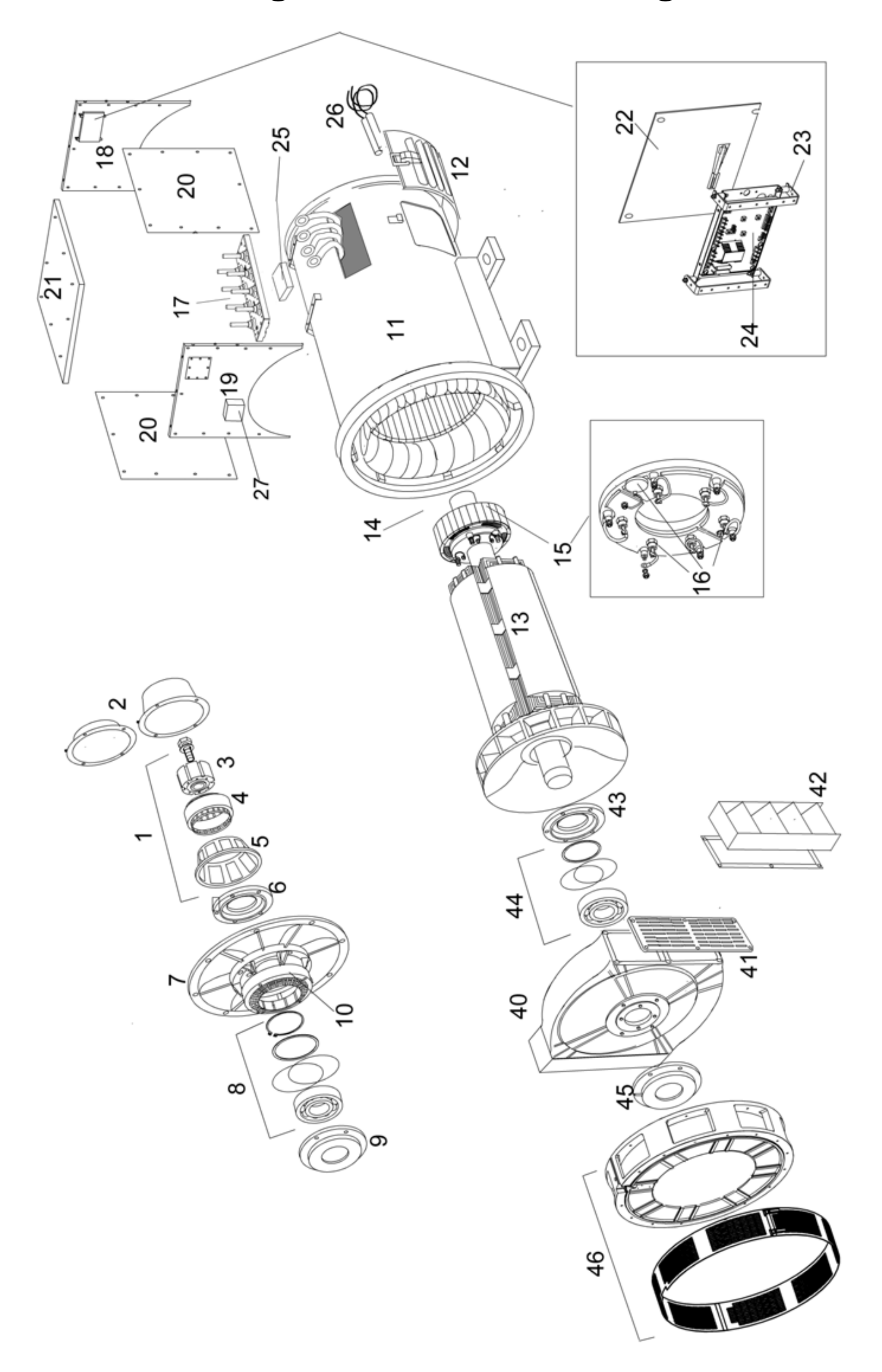
[4] * Stromeingang und Spannungserfassung teilen sich Klemmen 7 und 8

11 Bauteilübersichten

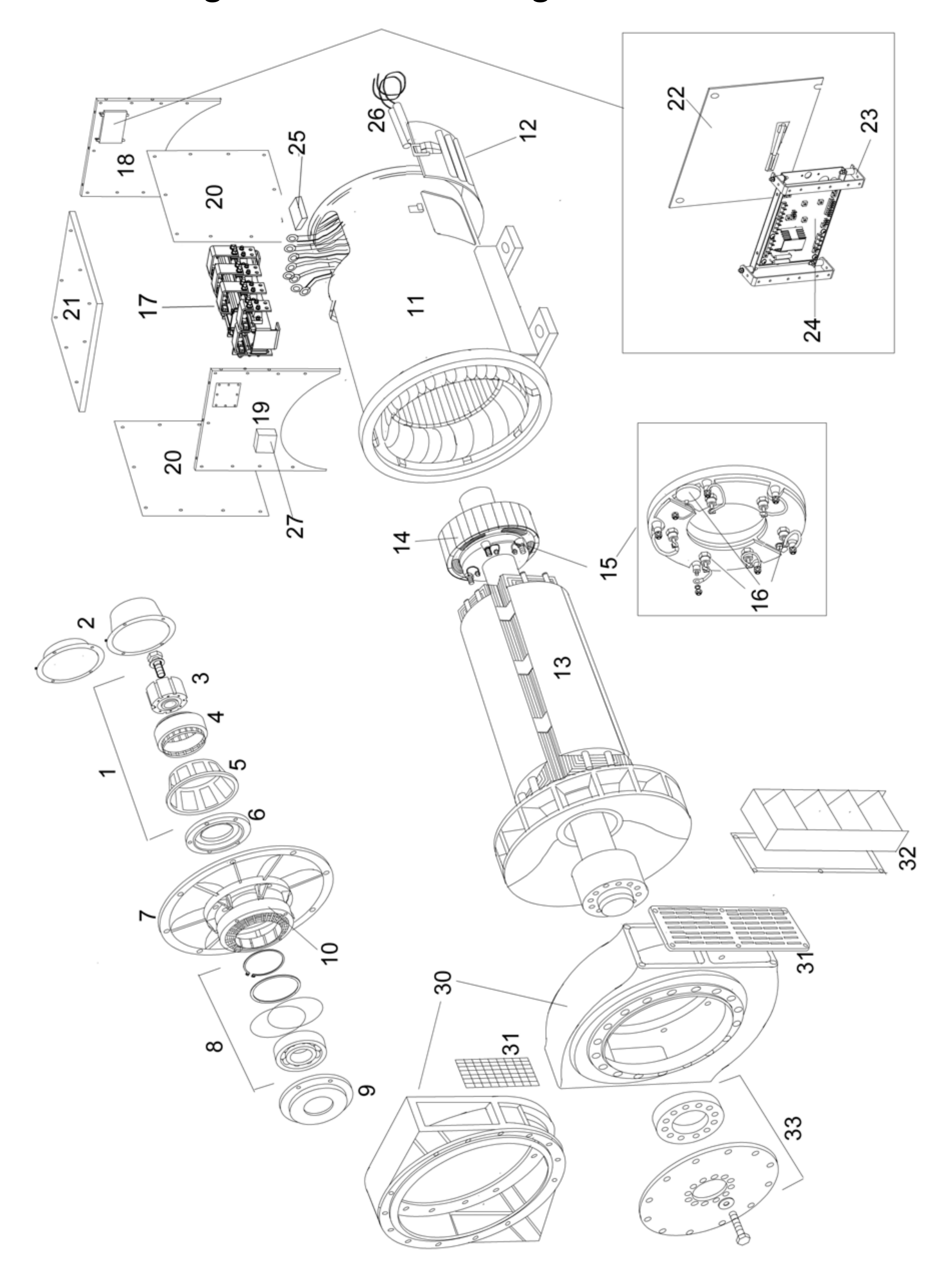
11.1 HC4 Einlager-Wechselstromgenerator



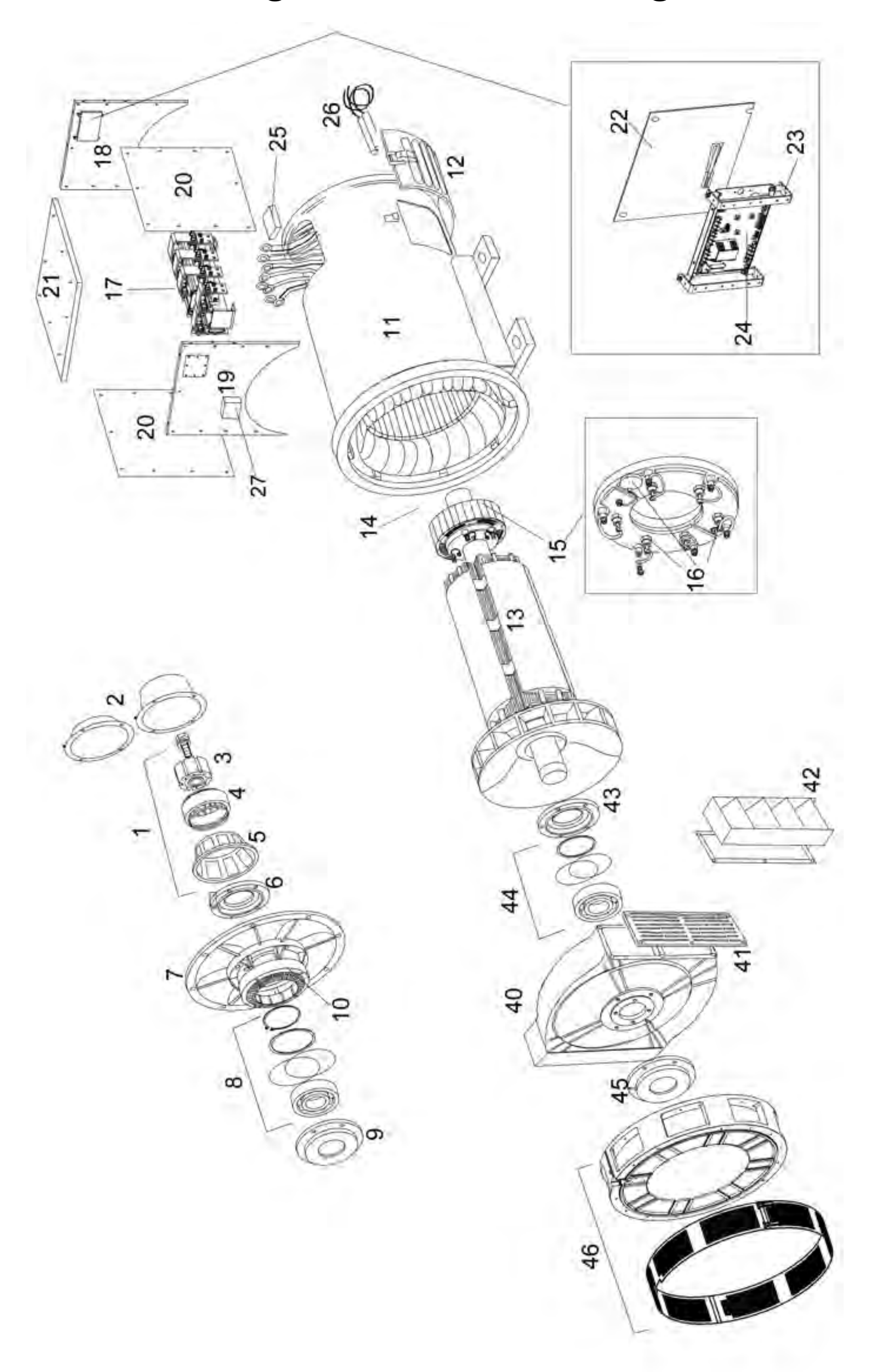
11.2 HC4 Zweilager-Wechselstromgenerator



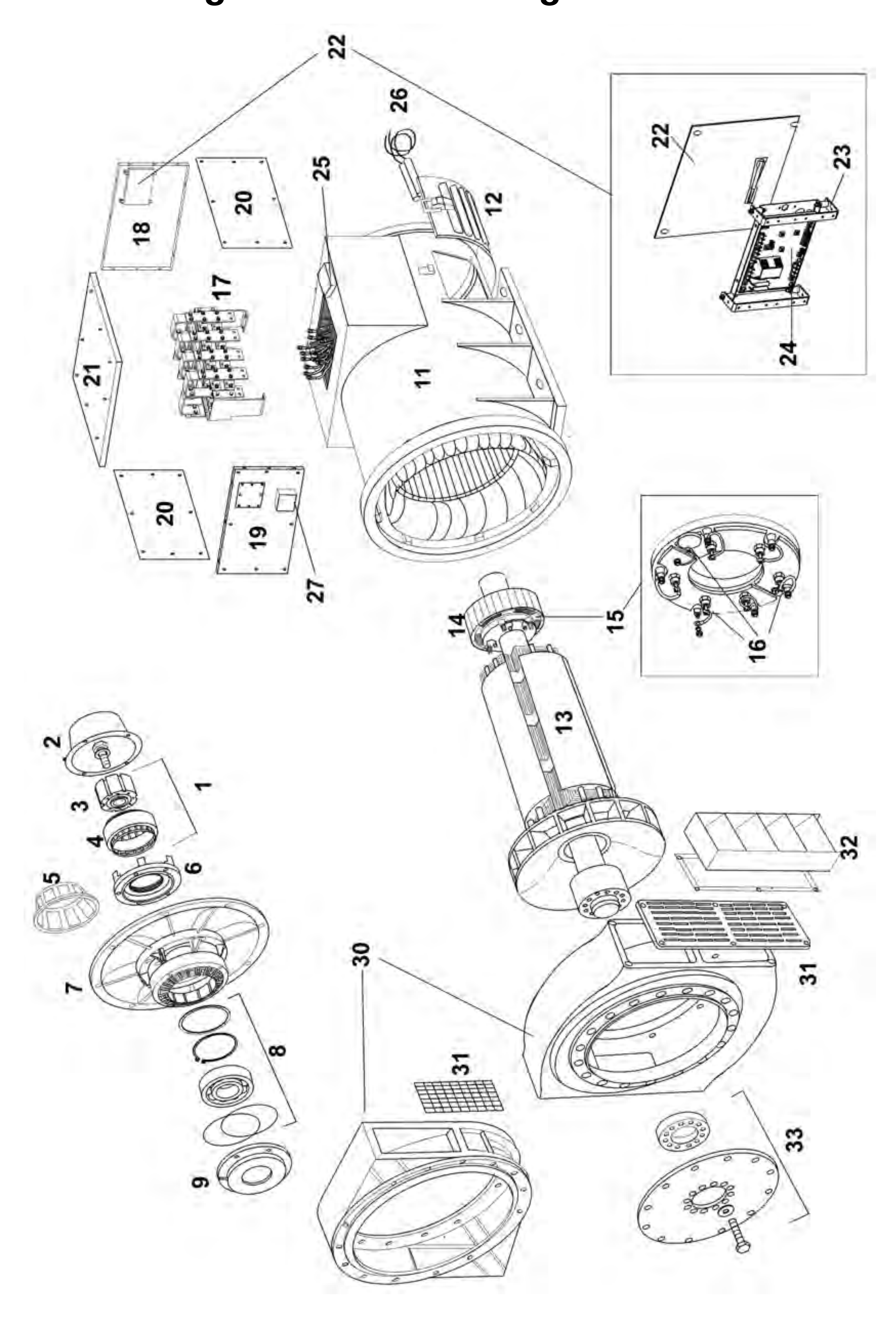
11.3 HC5 Einlager-Wechselstromgenerator



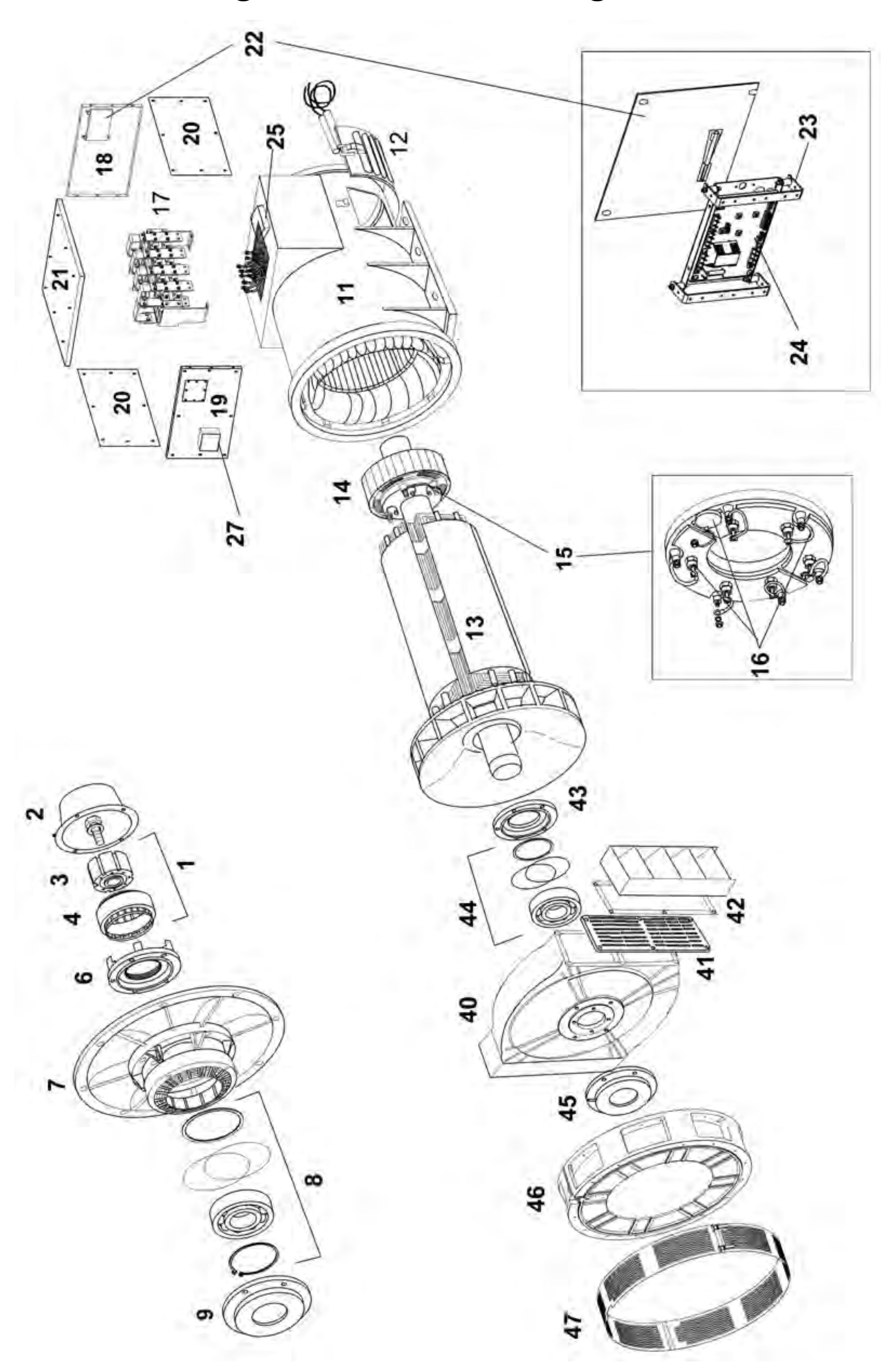
11.4 HC5 Zweilager-Wechselstromgenerator



11.5 HC6 Einlager-Wechselstromgenerator



11.6 HC6 Zweilager-Wechselstromgenerator



11.7 HC Teile und Befestigungen

TABELLE 19. TEILE UND BEFESTIGUNGEN

Referenz	Komponente	Befestigung	Menge	Drehmoment (Nm)
1	Alle PMG-Teile	-	-	-
2	PMG-Abdeckung/Nicht-PMG-Abdeckung	M6 x 16	4	10
3	PMG-Läufer	M10 x 100	1	50
4	PMG-Ständer	M6 x 45	4	10
5	PMG-Kranz (falls montiert)	-	-	-
6	Lagerdeckel Nicht-Antriebsseite	M10 x 30	4	50
7	Klammer Nicht-Antriebsseite	M12 x 40	8	50
8	Alle Lagerteile der Nicht-Antriebsseite	-	-	-
9	Lagerkartusche Nichtantriebsseite	M10 x 50	4	50
10	Erregerständer			
11	Hauptrahmen	-	-	-
12	Lufteinlassabdeckung	Spannstift	-	-
13	Hauptläufer	-	-	-
14	Erregerläufer	-	-	-
15	Gleichrichterbaugruppe	M6 x 65	4	10
16	Diode/Varistor	-	-	4,06-4,74
17	Hauptklemmen	M12 x 40	8	50
18	Endplatte Anschlusskasten – Nicht-Antriebsseite	M10 x 35	4	50
19	Endplatte Anschlusskasten – Antriebsseite	M10 x 25	2	50
20	Seitenplatte Anschlusskasten	M6 x 12	20	6
21	Anschlusskastendeckel	M6 x 12	8	6
22	AVR-Abdeckplatte	M5 x 12	4	5
23	AVR-Montagehalterung	M5 x 12	6	5
24	AVR	M5 x 30	4	5
25	Hilfsanschlussplatine	M6 x 25	8	10
26	Antikondensationsheizung (Stillstandsheizung)	M6	2	n/a
27	Heizer-Anschlusskasten	M4 x 12	2	5
30	Adapter Antriebsseite (1 Lager)	M12 x 40	8	95
31	Luftauslassgitter Antriebsseite (1 Lager)	M5 x 12	12	5
32	Klappen Antriebsseite (1 Lager)	M5 x 16	12	5
33	Kupplungsnabe Antriebsseite und Kupplungsscheiben (1 Lager)	M20 x 55	8	479
40	Klammer Antriebsseite (2 Lager)	M12 x 40	8	95
41	Luftauslassgitter Antriebsseite (2 Lager)	M5 x 12	12	5
42	Klappen Antriebsseite (2 Lager)	M5 x 16	12	5
43	Lagerkartusche Antriebsseite (2 Lager)	M10 x 50	4	50

Referenz	Komponente	Befestigung	Menge	Drehmoment (Nm)
44	Alle Lagerteile Antriebsseite (2 Lager)	-	-	-
45	Lagerdeckel Antriebsseite (2 Lager)	M10 x 30	4	50
46	Adapter Antriebsseite (2 Lager)	M12 x 40	8	95
47	Adaptergitter Antriebsseite (2 Lager)	M5 x 12	12	5

12 Technische Daten

HINWEIS

Vergleichen Sie die Messungen mit dem im Lieferumfang des Wechselstromgenerators enthaltenen Testzertifikat.

12.1 HC Wicklungswiderstände

Wechselstromgenerator	Widerstand der Wicklungen bei 20 °C (die Messwerte sollten innerhalb einer Toleranz von 10 % liegen)									
	Hauptständerwicklungen, L-N (Kontakte) (Ohm)						Erregerständer (Ohm)	Erregerläufer L-L (Ohm)	Hauptläufer (Ohm)	PMG-Ständer, L-L (Ohm)
	311 (1 & 2) (5 & 6)	312 (1 & 2)	07 (1 & 2) 17 (1 & 2) (5 & 6)	13 (1 & 2) 14 (1 & 2) (5 & 6)	25 (1 & 2) (5 & 6) 26 (1 & 2)	27 (1 & 2) (5 & 6) 28 (1 & 2)				
HC434C	0,0083	–	0,0115	0,0055	0,002	0,0154	18	0,136	0,92	2,6
HC434D	0,0062	–	0.01	0,0045	0,016	0.013	18	0,136	1,05	2,6
HC434E	0,0045	–	0,0075	–	0,014	0,01	18	0,136	1,19	2,6
HC434F	0,0037	–	0,0055	0,006	0,0105	0,0075	18	0,136	1,37	2,6
HC444C	0,0083	–	0,0115	0,0055	0,002	0,0154	18	0,136	0,92	–
HC444D	0,0062	–	0,01	0,0045	0,016	0,013	18	0,136	1,05	–
HC444E	0,0045	–	0,0075	–	0,014	0,01	18	0,136	1,19	–
HC444F	0,0037	–	0,0055	0,006	0,0105	0,0075	18	0,136	1,37	–
HC534C	0,0033	–	0,0053	0,0026	0,01	0,0065	17	0,184	1,55	2,6
HC534D	0,0025	–	0,004	0,0021	0,0075	0,0005	17	0,184	1,77	2,6
HC534E	0,0022	–	0,0034	0,0013	0,013	0,0044	17	0,184	1,96	2,6
HC534F	0,0019	–	0,0025	0,0013	0,005	0,0041	17	0,184	2,46	2,6
HC544C	0,0033	–	0,0053	0,0026	0,01	0,0065	17	0,184	1,55	–
HC544D	0,0025	–	0,004	0,0021	0,0075	0,0005	17	0,184	1,77	–
HC544E	0,0022	–	0,0034	0,0013	0,013	0,0044	17	0,184	1,96	–
HC544F	0,0019	–	0,0025	0,0013	0,005	0,0041	17	0,184	2,46	–
HC634G	0,0017	0,0034	0,0055	0,0002	0,009	0,0075	17	0,158	1,75	5,6
HC634H	0,0013	0,0025	0,0036	0,0019	0,008	–	17	0,158	1,88	5,6
HC634J	0,0011	0,0022	0,003	0,0015	0,006	–	17	0,158	2,09	5,6
HC634K	0,00085	0,0017	0,0026	0,001	0,0045	0,003	17	0,158	2,36	5,6
HC636G	0,0045	0,009	0,015	–	–	–	17	0,2	1,12	5,6
HC636H	0,0032	0,0063	0,01	–	–	–	17	0,2	1,33	5,6
HC636J	–	0,0049	0,007	–	–	–	17	0,2	1,5	5,6

-

Wechselstromgenerator	Widerstand der Wicklungen bei 20 °C (die Messwerte sollten innerhalb einer Toleranz von 10 % liegen)									
	Hauptständerwicklungen, L-N (Kontakte) (Ohm)						Erregerständer (Ohm)	Erregerläufer L-L (Ohm)	Hauptläufer (Ohm)	PMG-Ständer, L-L (Ohm)
	311 (1 & 2) (5 & 6)	312 (1 & 2)	07 (1 & 2) 17 (1 & 2) (5 & 6)	13 (1 & 2) 14 (1 & 2) (5 & 6)	25 (1 & 2) (5 & 6) 26 (1 & 2)	27 (1 & 2) (5 & 6) 28 (1 & 2)				
HC636K	0,002	0,0039	0,006	–	–	–	17	0,2	1,75	5,6

13 Service-Teile

Wir empfehlen die Verwendung von STAMFORD-Originalersatzteilen, die Sie bei einem unserer autorisierten Service-Stützpunkte erhalten Die Adressen unserer Service-Stützpunkte finden Sie unter www.stamford-avk.com.

Kundendienst-Hotline

Telefon: +44 (0) 1780 484744

E-Mail: parts.enquires@cummins.com

13.1 Ersatzteilbestellungen

Geben Sie bei der Bestellung von Ersatzteilen stets die Seriennummer oder ID-Nummer der Maschine und den Maschinentyp sowie eine Beschreibung des Teils an. Die Seriennummer der Maschine finden Sie auf dem Leistungsschild des Generators oder dem Generatorträger.

13.2 Kundendienst

Die Service-Techniker von Cummins Generator Technologies sind erfahrene Fachleute und umfassend darin geschult, bestmöglichen Kunden-Support zu liefern. Unser globales Service-Angebot:

- Erstinbetriebnahme Ihres Wechselstromgenerators vor Ort
- Lagerwartung und Überwachung des Lagerzustands vor Ort
- Prüfung des Isolationszustands vor Ort
- Einstellen Ihres AVR einschl. Zubehör vor Ort

www.cumminsgeneratortechnologies.com

E-Mail: service-engineers@cumminsgeneratortechnologies.com.

13.3 Empfohlene Serviceteile

Bei kritischen Anwendungen sollte sich stets ein Satz dieser Ersatzteile beim Wechselstromgenerator befinden.

Teil	Nummer
Gleichrichter-Bausatz	HCG4 und HC5: RSK-5001 HC6: RSK-6001 (3 Durchlass- und 3 Sperrdioden mit Varistor)
MX321 AVR	E000-23212/1P
MX341 AVR	E000-23412/1P
Versiegeltes Lager DE HC4 (Bausatz)	45-0319
Versiegeltes Lager DE HC5 (Bausatz)	45-0321
Versiegeltes Lager DE HC6 (Bausatz)	45-0339
Versiegeltes Lager NDE HC4 (Bausatz)	45-0320
Versiegeltes Lager NDE HC5 (Bausatz)	45-0320
Versiegeltes Lager NDE HC6 (Bausatz)	45-0340

Teil	Nummer
Nachschmierbares Lager DE HC5	45-1100
Nachschmierbares Lager DE HC6	45-0342
Nachschmierbares Lager NDE HC5	45-1099
Nachschmierbares Lager NDE HC6	45-0879
Antischleif-Paste	45-0280
Schmierfett	45-0281

13.4 Schmiermittel Klüber Asonic GHY72

Alle Versuche mit Lagern und Lebensdauerberechnungen für Lager basieren auf der Verwendung des Schmiermittels Klüber Asonic GHY72.

14 Entsorgung

Den größten Anteil an Eisen, Stahl und Kupfer des Generators können Recycling-Spezialunternehmen zurückgewinnen. Weitere Informationen erhalten Sie beim Kundendienst.

14.1 Recyclingfähiges Material

Trennen Sie Nichtedelmetalle wie Eisen, Kupfer und Stahl und entfernen Sie Anstriche, Polyesterharz und Isolierband und/oder Kunststoffrückstände von allen Bauteilen. Entsorgen Sie den Restabfall

Eisen, Stahl und Kupfer können nun wiederverwertet werden.

14.2 Sonderabfall

Entfernen Sie Stromkabel, Elektronikkomponenten und Kunststoffe vom Wechselstromgenerator. Komponenten müssen gesondert behandelt werden, um wiederverwertbare und Reststoffe zu trennen.

Recycelbare Stoffe der Wiederverwertung zuführen.

14.3 Restabfall

Lassen Sie den Restabfall aus den beiden oben genannten Prozessen von einem Spezialunternehmen entsorgen.

Leerseite



www.cumminsgeneratortechnologies.com